DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang | 25. Februar 1927 | Heft 8

Über die Wiederholung des Harress-Sagnacschen Versuches.

Von B. Pogány, Budapest.

O. Knopf hat hier vor einigen Jahren (Naturwissenschaften **8**, 815. 1920) über die Versuche von F. Harress betreffend die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern berichtet. Dem aus dem Jahre 1911 stammenden Versuch von Harress nahe verwandt ist derjenige von Sagnac (1914)[1]). Der Unterschied zwischen beiden Versuchen besteht darin, daß sich bei Harress das Licht in Glas, bei Sagnac in Luft fortpflanzt. Beiden Anordnungen gemeinsam ist das rotierende Interferometer, das bei Harress aus einem Prismenpolygon, bei Sagnac aus einem Spiegelpolygon besteht. Die Theorie beider Versuche wurde auf Grund einer Notiz Einsteins[2]) von v. Laue[3]) im Zusammenhange mit derjenigen des bekannten Fizeauschen und Zeemanschen Versuches dargestellt.

Das theoretische Ergebnis ist äußerst einfach. Auf der Peripherie eines geschlossenen Polygons, das in einem mit der Erde verbundenen Koordinatensystem *ruht*, laufe in einem beliebigen Medium von zwei kohärenten Lichtbündeln, das eine in der einen, das andere in der entgegengesetzten Richtung herum. Nachdem beide Bündel diesen geschlossenen Lichtweg einmal durchlaufen haben, werden sie zur Interferenz gebracht. Die so entstehende Lage der Interferenzstreifen in bezug auf ein Fadenkreuz nennen wir die Nullage. *Rotiert* nun das Polygon um eine Achse, die vom Lichtweg umschlossen wird, mit der Winkelgeschwindigkeit ω und bezeichnen wir die Fläche der Projektion des Polygons auf die zur Drehachse senkrechte Ebene mit F, so verschieben sich während der Rotation die Interferenzstreifen relativ zur Nullage um den in Streifenbreiten gemessenen Betrag:

$$\Delta = \frac{4\,\omega F}{\lambda c}, \qquad (1)$$

wo λ die im Vakuum gemessene Lichtwellenlänge, c die Lichtgeschwindigkeit bedeutet.

Bezüglich des Zusammenhanges mit dem Fizeauschen und Zeemanschen Versuch sei kurz folgendes bemerkt: Bezeichnet man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Medium vom Brechungsindex n, das in einem Koordinatensystem K ruht in bezug auf eben dieses System mit V und bewegt sich nun das Medium in bezug auf K mit der Geschwindigkeit q, so ist im allgemeinen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im bewegten Medium bezogen auf K:

$$V + q \cdot \alpha,$$

wo α den Fresnelschen Mitführungskoeffizienten bedeutet. Dieser ergibt sich nun verschieden, je nach der Art, wie das Licht in das bewegte Medium eintritt. Beim Fizeauschen Versuch mit der strömenden Flüssigkeit, wo das Licht durch eine *ruhende* und zur Bewegungsrichtung des Mediums *senkrechte* Fläche eintritt, ist

$$\alpha = 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\frac{dn}{d\lambda},$$

wo λ die Lichtwellenlänge bedeutet. Beim Zeemanschen Versuch mit dem geradlinig gleichförmig bewegten Prisma tritt das Licht durch eine *mitbewegte*, zur Bewegungsrichtung *senkrechte* Fläche in den Körper, da ist

$$\alpha = 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2}\frac{dn}{d\lambda}$$

und schließlich beim Harress-Sagnacschen Versuch, wo das Licht durch eine *mitbewegte*, zur Bewegungsrichtung *parallele* Fläche in das bewegte Medium tritt, ist

$$\alpha = 1 - \frac{1}{n^2}.$$

Daß beim letzteren Versuch das Medium sich nicht geradlinig bewegt, sondern rotiert, ist kein wesentlicher Unterschied, da die in Betracht kommenden Beschleunigungen, wie W. Wien durch eine einfache, sich auf das Äquivalenzprinzip stützende Überlegung zeigte, auf die Geschwindigkeit des Lichtes im bewegten Körper ohne Einfluß sein müssen. Bemerkenswert an der Formel (1) ist, daß der Brechungsindex darin gar nicht vorkommt, die Streifenverschiebung also bei sonst gleichen Verhältnissen sowohl bei der Harressschen Anordnung, wobei sich das Licht in Glas, wie bei der Sagnacschen, wobei es sich in Luft fortpflanzt, dieselbe sein muß.

Bei den messenden Versuchen konnte Harress mit seinem Apparat eine Winkelgeschwindigkeit von etwa 750 Touren pro Minute erreichen; dabei ergab sich etwa $\Delta = 0{,}2$, also verschoben sich die Streifen bei Linksdrehung gegenüber ihrer Lage bei einer Rechtsdrehung um etwa $2\,\Delta = 0{,}4$. Bei größeren Tourenzahlen wurden die Interferenzen unscharf und verschwanden schließlich ganz. Die einzelnen Messungen von Δ zeigen untereinander Abweichungen von 10 bis 18%. Harress hat mit farbigen Gläsern filtriertes Bogenlicht benützt. Streng monochromatisches Licht — etwa der Quarz-Hg-Bogenlampe — konnte er nicht gebrauchen, denn die Interferenzerscheinung wurde dann zu lichtschwach. Um das zu erläutern und um nachher die Gesichtspunkte, die bei der Neukonstruktion des Harressschen

[1]) G. Sagnac, Journ. de Phys. (5) **4**, 177. 1914.
[2]) A. Einstein, Astron. Nachr. **198**, 377 und **199**, 10. 1914.
[3]) M. von Laue, Ann. d. Physik **62**, 448. 1920.

Apparates berücksichtigt wurden, klar hervortreten zu lassen, muß ich mit einigen Worten auf den ursprünglichen Apparat von HARRESS eingehen. Der horizontale Grundriß des Apparates ist in Fig. 1 zu sehen. Das Licht lief in den Prismen

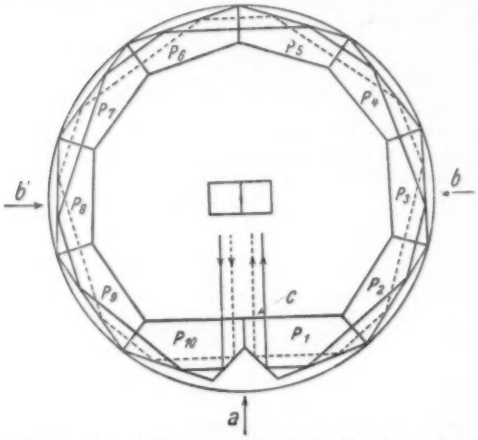

Fig. 1. Grundriß des ursprünglichen HARRESSschen Apparates.

$P_1 - P_{10}$ herum. Die Einführung des Lichtes und die Trennung in zwei kohärente Bündel geschah im mittleren Prismenkörper, das, in der Richtung der Pfeile *a* und *b* betrachtet, in Figg. 2a und 2b zu sehen ist. Die Einstellung der Interferenzen bzw. die Regulierung von deren Breite und Orientierung geschah durch das Justierprisma P_i (Fig. 2a), das mit Hilfe dreier Schrauben um einen Punkt dreh-

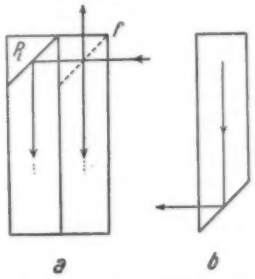

Fig. 2. Aufriß des mittleren Prismenkörpers im HARRESSschen Apparat.

bar war. Das Licht trat während einer Umdrehung bloß in zwei Azimuten des Apparates, in der Richtung der Pfeile *b* und *b'* (Fig. 1) horizontal in den Apparat ein. Nachdem die beiden kohärenten Bündel den Weg im Prismenkranz einmal zurückgelegt haben, wurden sie an der halbdurchlässigen Silberschicht *f* (Fig. 2a) wieder vereinigt und verließen sodann in Richtung der Drehachse den Apparat, um in die photographische Kamera zu gelangen. Die Öffnung des Apparates war etwa $^1/_4$ Grad. Während einer Umdrehung von *T* Sek. Dauer fiel also nur während $^1/_{720}$ Sek. Licht durch den Apparat auf die photographische Kamera. Das bedingte die Lichtschwäche der Interferenzen.

SAGNAC arbeitete mit einer maximalen Geschwindigkeit von 120 Touren pro Minute, wobei etwa $2\,\Delta = 0{,}07$ war. Die Beurteilung der Meßgenauigkeit von SAGNAC ist schwer, denn es sind bloß die Resultate von vier Messungen mitgeteilt. Jedenfalls rotierte der Apparat so langsam, daß der Effekt an und für sich klein war. Er benützte das weiße Licht einer kleinen Glühlampe. Die Bestimmung der in die Formel (1) eingehenden Wellenlänge geschah durch Vergleichung der Streifenbreiten des bei ruhendem Apparat mit der Glühlampe und mit einer Hg-Linie gewonnenen Interferenzen. Über die Stabilität seines Apparates äußert sich SAGNAC in dem Abschnitt: „Précautions á prendre" wie folgt: „Cette orientation (der bewegten Interferenzstreifen) diffère de l'orientation relative au repos et on a trouvé utile de dérégler d'avance légèrement . . ., de façon que les franges soient un peu inclinées dans le sens convenable quand le plateau est au repos. Les franges se redressent quand le plateau tourne et deviennent verticales pour une fréquence convenable."

Bei der SAGNACschen Anordnung hat sowohl die Lichtquelle, eine kleine Glühbirne, als auch die Kamera an der Rotation teilgenommen.

Da sowohl die Genauigkeit der HARRESSschen, wie der SAGNACschen Messungen zu wünschen übrig ließ und die Hoffnung bestand, daß sich dieselbe steigern läßt, wurde von den Herren M. VON LAUE und M. WIEN eine Wiederholung des Versuches angeregt. Die Mittel dazu wurden teils von der Notgemeinschaft, im wesentlichen aber von der Firma Zeiß bereitgestellt, die Apparate wurden im Zeißwerk in Jena gebaut und der Versuch daselbst ausgeführt.

Bei der Wiederholung des HARRESSschen Versuches trachtete ich nun danach, bei unveränderter Interferometerfläche die Drehgeschwindigkeit so weit zu steigern, daß $2\,\Delta$ nahezu 1 werde. Dazu braucht man bei dem HARRESSschen Apparat etwa 1600 Touren pro Minute. Nun verschwanden aber nach HARRESS' Beobachtung die Interferenzen oberhalb 750 Touren pro Minute. Dafür konnten zunächst zwei Gründe verantwortlich gemacht werden; erstens die bei höheren Tourenzahlen eintretenden Erschütterungen des Apparates, an denen die photographische Kamera nicht teilnahm, und zweitens durch die Zentrifugalkraft bewirkte Verlagerungen der das Licht reflektierenden Prismen. Um diese Gründe auszuschalten, wurde der Vorschlag gemacht, den Apparat mit „fliegender Welle" zu bauen und das Innere mit einer Flüssigkeit auszufüllen, deren Dichte identisch ist mit derjenigen der Prismen, wodurch die Zentrifugalkräfte ausgeschaltet werden. Die kritische Tourenzahl der fliegenden Welle muß natürlich weit unterhalb der zu erreichenden Geschwindigkeit von

1600 Touren pro Minute liegen. Gleichzeitig wollte ich monochromatisches Licht anwenden. Da eine Quarz-Hg-Bogenlampe in den Apparat wohl nicht gut eingebaut werden kann, habe ich die Anordnung so gewählt, daß die Lichtquelle ruht und das Licht längs der Drehachse, also dauernd in den Apparat eintritt, die photographische Kamera dagegen, wie bei SAGNAC, an der Rotation teilnimmt. Die Interferometeroptik war zunächst identisch mit derjenigen des HARRESSschen Apparates. Die photographische Kamera wurde oben angebaut (Fig. 3). Das parallele Licht trat parallel der Drehachse längs der punktierten Linie in den Apparat. Die Interferenzen entstanden in der Brennebene F des Tessars T. Daselbst war eine Glasplatte mit eingeritzten Meßmarken angebracht. Die Interferenzen wurden dann samt den Meßmarken durch das Mikroplanar M (Brennweite 2 cm) auf die photographische Platte L abgebildet. Wegen der Flüssigkeitsfüllung fiel die totale Reflexion an den Außenflächen der Prismen $P_1 - P_{10}$ (Fig. 1) weg und man mußte deshalb diese Flächen versilbern. Die zur Füllung verwendete Flüssigkeit durfte diese Versilberung und die innere Wand des aus Siemens-Martinstahl bestehenden Apparates, sowie die im Innern befindlichen Aluminiumteile nicht angreifen, mußte durchsichtig sein und die Dichte 3,2 haben. Von chemischer Seite wurde mir eine wässerige Lösung von Cadmium-Boro-Wolframat empfohlen. Sie erwies sich jedoch als unbrauchbar, denn gleich nach der Einfüllung quoll sie durch das Fülloch wieder heraus. Es entwickelten sich im Apparat scheinbar Gase, die die Flüssigkeit wieder herausdrängten. Die Flüssigkeit mußte daher entfernt werden. Die Prismen wurden nun durch Vermittlung von Gummipfropfen mit kräftigen Schrauben an die Außenwand gepreßt und der Apparat so in Gebrauch genommen. Der Apparat wog etwa 80 kg und wurde auf eine 16 mm dicke, vertikale

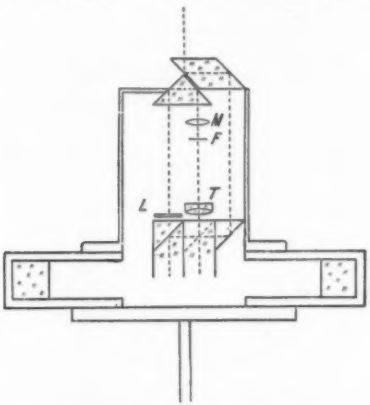

Fig. 3. Aufriß der Optik des ersten Apparates.

Achse aufgelegt, welche ungefähr 50 cm über die oberste Führung herausragte. An das untere Ende der Welle war die Turbine befestigt. Der ganze Apparat wurde in einen Betonklotz von etwa 4 Tonnen eingebaut und war im Kellerraum des „Wolkenkratzers" der Zeißwerke untergebracht. In der obersten Etage befand sich der Wasserbehälter. Der Wasserdruck betrug im Kellerraum etwa $4^1/_2$ Atmosphären. Zur Messung der Drehgeschwindigkeit wurde auf einen Chronographenstreifen einerseits jede hundertste Umdrehung des Apparates, andererseits die Sekundensignale der Sternzeituhr der Zeiß-Sternwarte registriert. Die kritische Tourenzahl des Apparates betrug etwa 600 pro Minute. Mit 1600 Touren pro Minute rotierte der Apparat tadellos, jedoch beim Durchgang durch die kritische Tourenzahl erlitt er derartige Erschütterungen, daß die Optik zugrunde ging. Um das zu vermeiden, versuchte ich, statt der Glasprismen Stahlspiegel einzubauen. Der für Spiegel besonders geeignete Kruppsche Spezialstahl konnte damals nicht beschafft werden. Es wurde also versucht, die Spiegel aus Siemens-Martinstahl herzustellen. Leider gelang es nicht, im Format 4 × 12 cm wirklich ebene Spiegel von mindestens 1500 m Brennweite herzustellen. Die Spiegel hatten in verschiedenen Azimuten verschiedene und erheblich kleinere Brennweiten, die Interferenzen waren bei den großen Einfallswinkeln unscharf und verschwommen.

Ich mußte deshalb zu den Glasprismen zurückkehren und den Apparat unten und oben mit einer starren Drehachse versehen. Die obere Achse wurde zwecks Einführung des Lichtes durchbohrt. Gleichzeitig erhielt die photographische Kamera eine flachere Form, indem der Lichtweg desselben vermittelst Prismen um die obere Achse gewickelt wurde. Eine weitere Verbesserung betraf die Justieranordnung des Interferometers. Die Einstellung der Interferenzen geschah bislang durch das Prisma P_1. Die Fixierung der Lage dieses Prismas mit Hilfe dreier Schrauben schien unsicher zu sein. Das Prisma P_1 wurde deshalb mit dem mittleren Prismenkörper ein- für allemal fest zusammengebaut und zur Einstellung der Interferenzen eine andere Anordnung in den Lichtweg eingeschaltet. Diese Anordnung bestand aus zwei kreisförmigen Glaskeilen von 4 cm Durchmesser und 3° Keilwinkel. Die Anordnung wurde bei C (s. Fig. 1) in den Lichtweg eingeschaltet und so montiert, daß jeder Keil für sich um den Lichtstrahl als Achse drehbar und in beliebiger Lage zu befestigen war. Man konnte also den Keilwinkel von 0 bis 6° kontinuierlich verändern und die dickste Stelle des Keiles in ein beliebiges Azimut um den Strahl bringen. Man konnte dadurch Breite und Orientierung der Interferenzen nach Belieben verändern. Da die Strahlrichtung an der Stelle C der Zentrifugalkraft parallel ist, so erfolgt die Drehbewegung, durch welche die Streifenbreite und die Streifenrichtung eingestellt werden, in einer zur Zentrifugalkraft senkrechten

Ebene. Die Zentrifugalkraft kann also im Sinne dieser Drehung kein Drehmoment ausüben. An der Wand der photographischen Kamera wurde ein Loch von etwa 1 cm Durchmesser gebohrt; durch dieses Loch konnte das Licht, das sonst auf die Platte fiel, mittels eines, zwischen dem Tessar und dessen Brennebene angebrachten Prismas aus dem Apparat herausgeführt werden. Waren die Interferenzen parallel der Drehebene orientiert, so konnten sie durch dieses Loch mit einem auf die Brennebene des Tessars eingestellten Fernrohr auch während der Rotation betrachtet werden. Wurden die Interferenzen durch dieses Loch visuell betrachtet, so konnte man bei 650 bis 700 Touren pro Minute das Verschwinden der Interferenzen beobachten. Bei derartiger visueller Betrachtung müssen die Interferenzen naturgemäß auch dann verschwinden, wenn sie aus ihrer horizontalen Lage infolge der Verlagerung einer reflektierenden Prismenfläche herausgedreht werden. Aufnahmen, die mit der mitrotierenden Kamera gemacht wurden, zeigten nun, daß dieses anfängliche Verschwinden der Interferenzen tatsächlich darauf beruht, daß die Streifen aus ihrer horizontalen Lage herausgedreht wurden, wobei auch ihre Breite zunahm. Bei noch größeren Geschwindigkeiten, bei 800 bis 850 Touren pro Minute, wurden die Interferenzen auch auf den mitrotierenden Platten unscharf und verschwanden schließlich gänzlich. Es war jedoch bemerkenswert, daß ihre Orientierung und Breite während dieses Unscharfwerdens fast unverändert blieb. Daraus war zu schließen, daß dieses Verschwinden der Interferenzen nicht auf einer Verlagerung einer reflektierenden Prismenfläche beruht. Denn ändert man die Lage einer solchen, oder was auf dasselbe hinauskommt, dreht man den Justierkeil bei C und bringt man die Interferenzen dadurch zum Verschwinden, so ändert sich dabei notwendigerweise die Streifenbreite, indem sie 0 oder so groß wird, daß im Gesichtsfeld keine Streifen mehr wahrgenommen werden. Die Bilder der unscharfen Interferenzen sahen genau so aus, wie die Aufnahmen, die ich bei ruhendem Apparat mit den astigmatisch reflektierenden Stahlspiegeln erhielt. Es lag deshalb die Vermutung nahe, daß das schließliche Verschwinden der Interferenzen darauf beruht, daß die Prismen, die trotz sauberster Bearbeitung der Auflageflächen schließlich doch nur auf drei Punkten aufgelegen sind, durch die Zentrifugalkraft durchgebogen werden und also astigmatisch reflektieren. Dazu ist zu bemerken, daß ein Prisma von rund 0,6 kg Gewicht durch die Zentrifugalkraft mit rund 200 kg belastet wurde. Um dieses Durchbiegen der Prismen zu verhüten, wurde der Zwischenraum zwischen den Prismen und ihren Auflageflächen mit einem große Druckbeanspruchung aushaltenden Kitt ausgefüllt. Die Prismenflächen wurden mit Bleiglätte-Glycerinkitt äußerst dünn überstrichen und so an die Außenwand gepreßt. Dieser Kitt hat die an ihn geknüpften Hoffnungen erfüllt. Nachdem die Prismen in der oben beschriebenen Weise vermittelst des Kittes befestigt waren, erhielt ich selbst bei 2000 Touren pro Minute tadellos scharfe Interferenzen. Endgültige Messungen wurden jedoch auch mit diesem Apparat noch nicht gemacht, denn die Streifenbreite bei Bewegung unterschied sich von derjenigen bei Ruhe um mehrere Prozent der Streifenbreite.

Es wurde deshalb auf Grund aller bisherigen Erfahrungen der Bau eines dritten Apparates beschlossen. Bei heruntergenommener Deckplatte, von oben betrachtet, ist der Apparat auf Fig. 4 zu sehen. Die Anzahl der reflektierenden Flächen wurde auf ein Minimum reduziert. Es wurden bloß vier Spiegel in Anwendung gebracht und deren Befestigung mit der größten Sorgfalt ausgeführt. Das Licht trat längs der Drehachse, von oben kommend, durch die Öffnung O in den

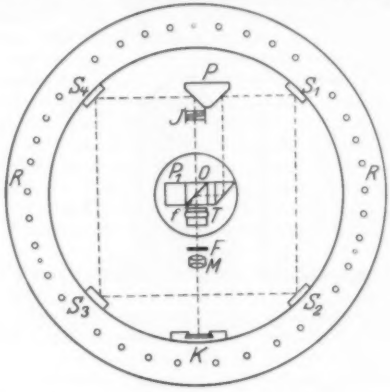

Fig. 4. Schematischer Grundriß des neuen HARRESSschen Apparates.

mittleren Prismenkörper P_1 des Apparates. Auf einer halbdurchlässigen Silberschicht f wurde es in zwei kohärente Bündel getrennt, welche, aus P_1 heraustretend, auf das Prisma P fielen. Von da aus wurde das eine Bündel nach rechts auf den Spiegel S_1, das andere nach links auf den Spiegel S_4 reflektiert. Die vom Licht im Interferometer umlaufene Fläche war, abgesehen von dem in Abzug zu bringenden Parallelogramm zwischen P und P_1, ein Quadrat von etwa 353 mm Seitenlänge, in dessen Ecken die unter 45° reflektierenden Spiegel angebracht waren. Nachdem die zwei kohärenten Bündel das Quadrat einmal umlaufen haben, wurden sie auf der halbdurchlässigen Silberschicht in P_1 wieder vereinigt und zur Interferenz gebracht. Die Interferenzen entstanden in der Brennebene F des Tessars T. Daselbst war eine dünne Glasplatte mit eingeritzten Meßmarken angebracht. Die Interferenzen wurden samt diesen Meßmarken durch das Mikroplanarobjektiv M (Brennweite 8 mm) auf die photographische Platte der Kamera K abgebildet. Die zwei Justierkeile sind bei J an-

gebracht. Die kreisförmigen Glasspiegel sind 14 mm dick und haben einen Durchmesser von 5 cm. Auf ihrer Rückseite in der Mitte war ein Zapfen aufgeschliffen. Die Vorderseite war eben, die Rückseite, vom Zapfen abgesehen, eine Kugelfläche von 26 cm Radius. Die Innenfläche des aus Siemens-Martinstahl hergestellten, massiven Ringes *RR*, mit 5 × 6 cm Querschnitt war ebenfalls eine solche Kugelfläche von 26 cm Radius. An entsprechenden vier Punkten wurden für die Spiegelzapfen vier Bohrungen im Ringe *RR* angebracht. Indem die Zapfen in diese Bohrungen versenkt wurden, legten sich die kugeligen Rückflächen der Spiegel vollkommen an die kugelige Innenfläche des Ringes *RR* an. Die Spiegel wurden dann justiert, an den Ring zementiert und er-

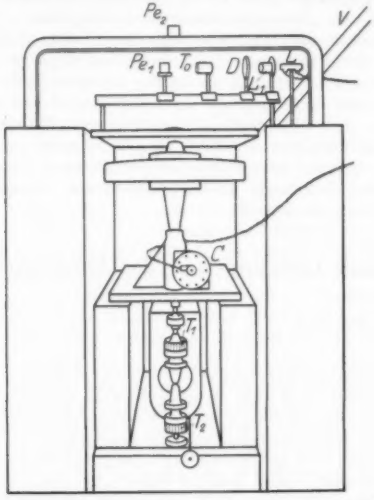

Fig. 5. Der zusammengebaute Apparat mit Turbinen und Lichtzuführung.

hielten schließlich eine Oberflächenversilberung. Da ein Teil des Interferometers, nämlich die vier Spiegel, am Ringe *RR* befestigt waren, der andere Teil jedoch, nämlich die halbdurchlässige Silberschicht bzw. das Prisma *P*, an der Grund- und Deckplatte des Apparates, so mußte für eine äußerst starre Verbindung des Ringes mit den Platten Sorge getragen werden. Die Versteifung geschah durch 18 Paar eingeschliffene und mit Schrauben anziehbare Konusse. Außer den Konussen waren noch 18 Paar kräftige Schrauben vorhanden. Die hierdurch erzielte Versteifung war derart vollkommen, daß, wenn man nach erfolgter Justierung den Apparat auseinandernahm und wieder zusammenbaute, die Interferenzen sofort, ohne jedes weitere Justieren erschienen. Ziemlich große Mühe bereitete die entsprechende Befestigung der Fassung des Prismas *P*. Dieselbe hatte bei 1500 Touren eine Zentrifugalkraft von rund 500 kg auszuhalten. Nach mannigfachen Versuchen kam ich mit sehr kräftigen, eingeschliffenen Konussen zum Ziele.

Die fertig zusammengebaute Anordnung ist in Fig. 5 zu sehen. *L* ist die HERAEUSsche Quarzquecksilberlampe, deren Licht durch die Linse L_1 auf das Diaphragma *D* konzentriert wurde. Der Durchmesser des letzteren betrug 0,5 mm. Hinter *D* war ein Lichtfilter aus etwa 1 cm dickem Didymglas und dünnem grünen Glas angebracht, der aus dem Hg-Spektrum nur die grüne Quecksilberlinie durchließ. Das vom Tessar T_0 parallel gemachte Licht wurde vom Pentaprisma Pe_1 senkrecht zur Drehachse nach vorn geworfen. In dem Schnittpunkt der Achse dieses Bündels mit der Drehachse ist das Pentaprisma Pe_2 angebracht,

Fig. 6. Interferenzen bei 1200 Drehungen pro Minute.

das das Licht längs der Drehachse senkrecht nach unten in den Apparat wirft. *C* ist der Tourenzähler, von ihm führt ein Kabel zum Chronographen. T_1 ist die eine, T_2 die andere, in entgegengesetzte Richtung drehende Turbine, welche

Fig. 7. Interferenzen bei 1500 Drehungen pro Minute.

Fig. 8. Interferenzen bei 2000 Drehungen pro Minute. Positivbild.

beide auf der Achse befestigt waren. Einfaches Umschalten gestattete das Wechseln der Rotationsrichtung. *V* ist das Rohr der Wasserleitung.

Mit diesem Apparat wurden im Laufe des Sommers 1925 messende Aufnahmen gemacht Solche Aufnahmen sind in Originalgröße in Figg. 6 bis 8 zu sehen. Die Expositionszeit betrug 6 Min. Aufnahme 108 und 109 wurden mit der Rechts- bzw. Linksturbine bei etwa 1200 Touren pro Minute gemacht. Die Aufnahme 86 bezieht sich auf 1500, diejenige auf Fig. 8 auf 2000 Touren pro Minute. Auf den Aufnahmen 108 und 109 bezeichnen die vertikalen Pfeile die Richtung der Verschiebung der Interferenzen. Die links angebrachten kurzen, horizontalen Pfeile weisen also auf beiden Aufnahmen auf denselben Interferenzstreifen.

Die eine Messungsreihe — mit etwa 1,3 mm Streifenbreite — wurde direkt mit dem Komparator, die andere — mit etwa 3 mm Streifen-

breite — auf Grund der mikrophotometrisch registrierten Schwärzungskurven nach der Methode G. HANSENS ausgemessen. Die erste Messungsreihe ergab bei der Umdrehungszeit $T = 0{,}039\,89$ Sek. für $2\,\Delta$ im Mittel den Wert

$$2\,\Delta_m = 0.917\,,$$

wobei die größte Abweichung des Einzelwertes vom Mittel etwa 2% betrug; die zweite Messungsreihe lieferte bei derselben Umlaufszeit

$$2\,\Delta_m = 0{,}924$$

mit der größten Abweichung des Einzelwertes vom Mittel von etwas über 3%.

Aus der Winkelgeschwindigkeit, Interferometerfläche und Wellenlänge der grünen Hg-Linie *berechnet* man auf Grund von (1)

$$2\,\Delta = 0{,}906\,.$$

Die beobachteten Mittelwerte sind um 1,2% bzw. um nicht ganz 2% größer. Nach einer brieflichen Bemerkung Hrn. v. LAUES, der ich durchaus beistimme, erscheint die Abweichung zwischen der berechneten und beobachteten (mittleren) Streifenverschiebung für die gute Übereinstimmung zwischen den Einzelbeobachtungen etwas groß.

Die Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen. Außer mit der grünen Hg-Linie sollen noch Aufnahmen mit anderen Wellenlängen gemacht werden. Außerdem war beabsichtigt, zwischen den Spiegeln S_1 und S_2 bzw. S_3 und S_4 je eine Flüssigkeitskammer einzuschalten, wodurch die Größe der Verschiebung nicht beeinflußt werden darf.

Die Versuche mit den Flüssigkeitskammern führten jedoch zu keinem Ergebnis. Es wurden Flüssigkeiten verschiedener Viscosität von Benzol bis Glycerin ausprobiert; infolge der Schlieren jedoch haben die Interferenzen ihre Schärfe und Geradlinigkeit eingebüßt und je nach der Größe der Viscosität haben sich Schärfe, Geradlinigkeit, Breite und Orientierung der Interferenzstreifen mit der Zeit langsamer oder schneller verändert, so daß an ein Messen nicht zu denken war.

Es werden jetzt ca. 24 cm lange Glasprismen statt der Flüssigkeitskammern eingebaut. Im Gegensatz zur HARRESSschen Anordnung werden also diese Prismen nur zum Durchgange des Lichtes benützt und an keiner Prismenfläche erfolgt eine Reflexion des interferierenden Bündels. Sollte sich also trotz der getroffenen Maßregeln eine geringe Durchbiegung zeigen, so wird sie sich nicht in einer astigmatischen Reflexion auswirken können. Ich hoffe über die Resultate demnächst berichten zu können.

Grundsätzliches über die Lebenseinheiten höherer Ordnung und den ökologischen Einheitsfaktor[1]).

Von K. FRIEDERICHS, Rostock.

(Schluß.)

Eine notwendige und direkte Folgerung aus der Einheit der Natur ist, daß von den zahllosen einzelnen ökologischen Faktoren, aus denen sich jedes Milieu zusammensetzt, zwar jeder einzelne für sich, aber nicht *nur* für sich einwirkt, sondern fugleich alle im Verband miteinander als Einheitszaktor einwirken. Ein bestimmtes Nebeneinander von Lebensbedingungen muß verwirklicht sein, damit eine bestimmte Art von Organismen bestehen kann, z. B. diejenige Kombination, die wir „Moor" nennen, für die speziellen Pflanzen und Tiere des Moores. Aber nicht immer handelt es sich nur um ein Nebeneinander, sondern es kann ein Nacheinander von Lebensbedingungen erforderlich sein, also der Wechsel der Lebensbedingungen selbst Lebensbedingung werden, z. B. im Falle jener Schmetterlinge, deren Entpuppung Frost vorhergegangen sein muß.

In allen Fällen aber handelt es sich weder um ein *bloßes* Nebeneinander noch um ein Nacheinander *allein*, sondern die einzelnen Faktoren stehen untereinander in Verknüpfung und Wechselwirkung; sie bedingen sich *alle* direkt oder indirekt gegenseitig. Aus dieser allgemeinen Verkoppelung resultiert, daß die Einzelfaktoren neben ihrer Einzelwirkung zusammengefaßt als Einheitsfaktor wirken müssen, und zwar gibt es Einheitsfaktoren niederen und solche höheren Grades, die niedere einschließen. Ein Einheitsfaktor ist die Lebensgemeinschaft, aber auch das Klima. Letzteres ist ein Bestandteil desjenigen Einheitsfaktors, der durch den *physiographischen Komplex* zur Einheit gemacht wird: die Ganzheit der physiographischen Faktoren. Die Ganzheit der biocönotischen Faktoren hält der *biocönotische* (biotische) *Komplex* zusammen. Beide zusammen bilden den *tellurischen* Komplex, auf den wiederum *extratellurische* Einflüsse (wie das Sonnenlicht) einwirken. Die Gesamtheit aller Faktoren bildet in ihrer spezifischen örtlichen Beschaffenheit den *lokalen Einheitsfaktor*. Dieser ist kosmischer, d. h. universeller Natur[1]). Von einem solchen werden nicht nur kleine einheitliche Gebiete, wie ein Moor oder ein Wald, beherrscht, sondern auch größere oder sehr große

[1]) 1. Die Begriffe Lebensgemeinschaft und Lebensverein, Biotop und Standort. 2. Die Lebenseinheiten höherer Ordnung. 3. Über Zweckmäßigkeit in der Natur. 4. Der ökologische Einheitsfaktor und 5. seine Bedeutung für die Entstehung der Arten.

[1]) Er beruht auf dem *kosmischen* Komplex. Wir können uns zwar keine Einwirkung der tellurischen Einzelfaktoren auf extratellurische vorstellen, wohl aber eine solche der Erde im ganzen darauf. — Da der Ausdruck *Komplex* neuerdings viel mißbraucht wird, so kann gleichbedeutend *Geflecht* gesagt werden, wenn man das vorzieht.

Landstrecken, wie unsere Ostseeküste oder die Arktis stehen unter ihrer spezifischen Gesetzlichkeit[1]). Die Gesamtheit der physiographischen und biocönotischen Bedingungen, als Einheitsfaktor zusammengefaßt, bestimmt den Charakter der „Landschaft".

Gegenüber der etwa erhobenen Frage, ob jede Eigenschaft und jede Wirkung des Einheitsfaktors als eine Resultante der Eigenschaften und Wirkungen der Einzelfaktoren betrachtet werde oder ob der Einheitsfaktor, wie es für die Organismen der Vitalist annimmt, etwas darüber hinaus leiste und bedeute, sei erwidert, daß *hier* jedenfalls nichts anderes unter dem Einheitsfaktor verstanden wird, als was wir zur Zeit greifen und verstehen können: *die durch Wechselwirkung der lokalen Faktoren auf einander vereinheitlichte Kombination derselben.* Aber auch in dieser ganz und gar nicht mystischen Auffassung gewährt der Einheitsfaktor, den wir etwas weniger farblos den *holocönen* Faktor oder das *Holocön* nennen können, überraschend weite Ausblicke, wie sich im nächsten Abschnitt zeigen wird.

Es wurde auseinandergesetzt (Heft 7, S. 153, Spalte 1), daß das Ziel der Selbstregulierung in der Biöconose das biocönotische Gleichgewicht sei, daß dieses aber niemals erreicht werde, sondern nur die Harmonie, eine relative Ordnung, die die Einheit des Ganzen wahrt. Es wurde auch schon gesagt, daß diese Selbstregulierung nicht auf das Belebte beschränkt ist, sondern im Wesen aller Ganzheiten (im engeren Sinne) liegt. So ist auch das Streben der ökologischen Einzelfaktoren darauf gerichtet, zu einander in das Verhältnis des Gleichgewichts zu kommen, und da alle, direkt oder indirekt, auf alle einwirken, so gibt es ein *allgemeines* (ein dynamisches) Gleichgewicht der Natur, das zum mindesten die gleiche Wirklichkeit besitzt, wie das jedermann geläufige biocönotische Gleichgewicht, d. h. es besteht nur in der Idee. Wir haben demnach, entsprechend den Komplexen, *ein physiographisches, tellurisches* und *kosmisches Gleichgewicht* zu unterscheiden.

Sprechen wir von dem Charakter einer Landschaft, so ist dieser nichts anderes als die *Vorstellung* der *vollkommenen Harmonie* dieser Landschaft[1]), die zwar nicht verwirklicht ist, die aber annähernd in Erscheinung tritt, und zwar im allgemeinen um so deutlicher, je größer der (nicht notwendig auf einmal) überschaute Raum ist, natürlich aber nur dann, *wenn* die betreffende Landschaft harmonisch ist[2]). In bezug auf die Tierwelt eines einheitlichen Raums trifft das insofern zu, als es ihre Ganzheitsbezogenheit zu der allgemeinen Harmonie betrifft.

Es will mir scheinen, daß diese Gedankengänge so zwingend sind, daß bezüglich ihrer die von WOLTERECK[3]) ausgesprochene Befürchtung nicht eintreffen wird, wie man hoffen darf: daß mancher Biologe damit nichts anzufangen wisse; es gäbe, sagt WOLTERECK, auch in der Naturforschung musikalische und unmusikalische Menschen, die wohl Töne hören, aber keine Symphonie, und letztere seien wenigstens in der Biologie die Mehrzahl. Wir *müssen* Ganzheitsforschung treiben, wollen wir uns nicht in einer unfruchtbaren Einzelforschung verlieren, und die Grundlage derselben kann nur der ökologische Einheitsfaktor sein, der das Streben aller Teile nach Harmonie zusammenfaßt und in seiner lokalen Beschaffenheit als Holocön den örtlichen Kosmos bedingt und bestimmt.

Es kann noch näheres über den großen Einheitsfaktor ausgesagt werden. Man könnte meinen, er umfasse in bezug auf jede Art alle anderen Arten außer ihr selbst, sei daher im Verhältnis zu jeder Art um je eine Art von Wesen verschieden und

[1]) CARADJA: „Genius loci". (Über Chinas Pyraliden usw., in: Academia Romana, Mem. Sect. Stiintif., Ser. III, Tom. III, Mem. 7. [S. 8].) Dieser Autor hat den lokalen Einheitsfaktor geahnt, als er schrieb: „Ich behaupte, daß jedes größere, in sich abgeschlossene Gebiet eine mächtige, nur gerade ihm zukommende, spezifisch territoriale Einwirkung auf alle es bewohnenden Organismen ausübt, eine Wirkung, die (ganz unabhängig von den Faktoren: Klima, Licht, Elektrizität, Nutrition usw.) so viele Reisende an sich schon lebhaft empfanden. Es liegt da jedenfalls ein bisher noch völlig unerforschtes „kosmo-biologisches" Phänomen zugrunde, welches die Aufmerksamkeit der Gelehrten geradezu herausfordert. Soweit ich dieses Problem durchdenken und übersehen zu können glaube, ließen sich ganz überraschende Resultate von unabsehbarer Tragweite gewinnen." Soweit CARADJA. Der lokale Einheitsfaktor ist nun freilich nicht „unabhängig" von den Einzelfaktoren, aber er ist mehr als die bloße *Summe* derselben.

[1]) Es sei mir gestattet, zu erwähnen, daß die Idee des Zusammenhanges zwischen „kosmischem Gleichgewicht" und dem was andere Autoren, ohne bisher näheres darüber aussagen zu können, als „einheitliches Wesengesetz für ökologische Gruppen" (WOLTERECK, Die Erde, III, S. 10. 1925) oder ähnlich (CARADJA) bezeichnen, kam, als ich in einer von der Herbstsonne verklärten Landschaft wanderte. Auf solchen Wegen lösen sich manche Probleme — Disharmonien —, weil der Mensch sich innerlich dem Gleichgewicht nähert. — Nachdem ich meiner Auffassung der Harmonie der Landschaft bereits hier Ausdruck gegeben hatte, machte ich mich mit der darauf bezüglichen geographischen Literatur bekannt und ersah daraus mit Genugtuung, daß der Gedanke darin bereits mehrfach zum Ausdruck gekommen ist, so bei GRADMANN (Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1924, S. 129—147), und bei VOLZ (Mitt. d. Ges. f. Erdkunde, Leipzig 1926, S. 8—41).

[2]) Auch unsere Kultursteppe kann harmonisch sein, aber in der Regel ist heute ihre Harmonie gestört. Das wissen wir ja längst aus der Schädlingskunde, deren Grundproblem (soweit sie Pflanzenschutz bedeutet) hiernach ist: Wie weit kann man in der Veränderung der ursprünglichen Natur durch menschliche Tätigkeit gehen, damit die Einheit der Natur noch gewahrt bleibt, ihre Ordnung und im Sinne des Ganzen bestehende Zweckmäßigkeit erhalten bleibt, unbeschadet der vom Menschen gesetzten Zweckmäßigkeit, also der Ziele der Wirtschaft? — womit wiederum das Holocön als ein Prinzip von größter Tragweite in Erscheinung tritt.

[3]) l. c.

demnach nicht universell? Er *ist* universell, denn die Wirkung auf die Art ist ja nur eine Resultante, an der die Art selbst beteiligt ist, da jedes Individuum derselben zum Milieu aller anderen Individuen dieser wie aller anderen Organismen des gleichen Lebensraums gehört. Nur durch die Fortpflanzung, verstärkt durch die Amphimixis, kommt die Wirkung auf die *Art* zustande. Man wird also von einer Wirkung des Holocöns auf die Art sprechen können, sich aber dabei bewußt sein müssen, daß es sich um die Individuen handelt. Und dabei umfaßt das Holocön auch noch dieses selbst, das Individuum, mit als „innere Umwelt", auf den einzelnen Lebensvorgang bezogen.

Der holocöne Faktor wirkt verschieden auf die einzelnen Lebensformen, und zwar verschiedenseitig. Denn ein Einzelfaktor, der auf die eine Art von Wesen direkt einwirkt, wirkt auf viele andere nur indirekt. Nehmen wir drei Arten, die dem gleichen biocönotischen Komplex, aber ganz verschiedenen Lebensformen angehören: den Hasen, der von der Niederschlagsmenge direkt betroffen wird, und dessen Junge an einem Übermaß von Nässe oft zugrunde gehen; einen *Geotrupes* (Mistkäfer), der mit dem Kot des Hasen seine Brut versorgt, und dessen Engerling im Boden die Wirkung der Niederschlagsmengen ebenfalls direkt an sich erfährt; endlich einen Marder, der die Geotrupes frißt, von der Niederschlagsmenge aber nur indirekt in Mitleidenschaft gezogen wird, indem im Sommer Trockenheit seine Insektennahrung knapper macht, reichliche Niederschläge sie im allgemeinen vermehren, während zu anderen Jahreszeiten seine Mäusenahrung durch ein Übermaß von Regen seltener wird usw. Andauernde starke Kälte im Winter und Vorfrühling hat für den Hasen und den Marder direkte Bedeutung, für den genannten, tief im Boden sitzenden Engerling nur indirekt, weil im folgenden Sommer, wenn er als Imago herumfliegt, seine Kotnahrung knapp ist, nachdem viele Hasen der Winter- oder Vorfrühlingskälte erlegen sind. So wirkt der holocöne Einheitsfaktor, obwohl immer der gleiche, auf jedes Wesen durch Einzelfaktoren in anderer Weise, aber auf jedes mit seinem ganzen Inhalt ein. Die Wirkung ist für zwei Arten um so ähnlicher, je näher sie sich in der Lebensform stehen.

Man mag behaupten, die angeführten Beispiele beträfen nur Einzelfaktoren (Niederschläge und Temperatur). Aber schon jede indirekte Wirkung ist eine solche mehrerer Faktoren, und der komplizierteste Fall der indirekten Wirkung wird Holocön genannt. Unabhängige Wirkung eines Einzelfaktors gibt es nicht, sie ist immer eine Äußerung des Einheitsfaktors, denn jede Schwankung oder Veränderung eines Einzelfaktors verändert vorübergehend oder dauernd den Einheitsfaktor als Ganzes; vorübergehend tun es z. B. die — in direktem Zusammenhang miteinander stehenden — Schwankungen von Niederschlägen und Temperatur; dauernd wird er verändert etwa durch das Eindringen neuer Arten in die Lebensgemeinschaft oder durch Entwässerung des Bodens. Wächst eine Schonung im Walde hoch, so entsteht mehr Schatten, der Boden wird weniger durch die Sonnenstrahlung erwärmt und bleibt gleichmäßiger feucht, die Bodenflora und damit die Insektenwelt verändert sich usw. Da alle ökologischen Bedingungen auf alle Arten in Gestalt des Einheitsfaktors einwirken, so wird jede Art der Biocönose irgendwie davon betroffen. Sie reagiert auf Veränderungen ungünstiger Art durch Auswanderung oder durch Anpassung, versucht letztere zum mindesten. Der erstere Fall bedeutet eine weitere Veränderung des Einheitsfaktors, der zweite ebenfalls, wenn auch in vielen Fällen nur eine unmerklich kleine. Anpassen müssen sich *alle* nicht auswandernden Mitglieder der Biocönose, und zwar an *alle* anderen, denn auf ihnen allen beruht der Einheitsfaktor.

Man kann das Prinzip des holocönen Faktors unschwer diagraphisch darstellen (Fig. 1). In einem

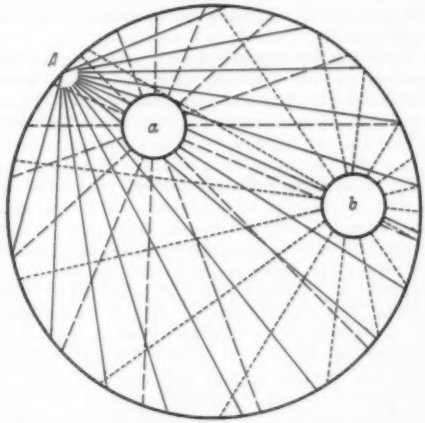

Fig. 1. Zum Prinzip des holocönen Faktors. Erklärung im Text.

Kreis, der den physiographischen Einheitsfaktor darstellt, liegen exzentrisch viele kleinere Kreise (Tierarten), von denen zwei, *a* und *b*, gezeichnet sind. Von jedem Punkte der Peripherie des großen Kreises gehen strahlenförmig Linien aus (jeder Punkt ein anderer Milieufaktor). Die Strahlung jedes Punktes, von denen nur die von *A* gezeichnet ist, trifft jeden kleinen Kreis, aber nicht jeden direkt (z. B. *A* den Kreis *b* nur indirekt) und die einzelnen mit verschiedener Strahlenlänge. Zugleich geht von der Peripherie jedes der kleinen Kreise je eine Art von Strahlung in den ganzen Kreis hinein aus, die wiederum direkt oder indirekt jeden anderen kleinen Kreis und jeden Punkt des großen Kreises trifft.

Wird nun der Punkt *A* durch eine kleine Drehung des Kreises verschoben (Schwankung eines Faktors), so werden es auch alle anderen Punkte

des Kreises[1]). Bleiben die kleinen Kreise in ihrer Lage, ohne die Drehung mitzumachen, so werden sie von jeder Art von Strahlen anders als vorher getroffen; dreht sich einer mit (Anpassung), so wird bezüglich seiner und der Strahlen des großen Kreises das vorherige Bild wiederhergestellt. Da aber angenommen wird, daß nicht alle kleinen Kreise gleich schnell oder überhaupt folgen können, so verändert sich das ganze Strahlengeflecht zum mindesten vorübergehend (Gleichgewichtsschwankung).

Fällt eine Art von Strahlung des großen Kreises aus oder wird durch eine andere ersetzt, so trifft dies alle kleinen Kreise, und das ganze Geflecht verändert sich, ebenso bleibt bei veränderter Strahlung oder Wegfall eines kleinen Kreises *nicht eine Masche des ganzen Geflechts unverändert.* — . . . Alle Grundwahrheiten sind einfacher Art. In schlagwortartiger Form sind diese Prinzipien bereits im Gebrauch, so in dem Worte „Milieu" oder in dem Satz: „Der Mensch ist das Produkt der Verhältnisse". Aber es kommt hier darauf an, mehr Klarheit in diese Vorstellungen in bezug auf den inneren Zusammenhang des Milieus und seiner Wirkungsgesetze zu bringen. Das Holocön ist das Milieu im weitesten Sinne, als Ganzes aktiv und passiv gedacht.

Wiewohl es *keine* unabhängige Wirkung eines Einzelfaktors gibt, sondern jeder Faktor eine Resultante aus ihm und allen anderen ist, kann doch nach wie vor von Einzelwirkungen der Faktoren die Rede sein, wie z. B. beim Gesetz vom Minimum als dem ausschlaggebenden Faktor.

Während alle anderen Wesen vom Holocön völlig beherrscht werden, ist der menschliche Geist fähig, sich dieser Herrschaft zu entziehen und Tatsachen zu schaffen, die aus der Einheit der Natur hinausführen und *neben* ihr wirken. Er muß dies fortgesetzt tun, um seine weit über das normale Maß hinausgehende Wohndichte im Lebensraum zu ermöglichen. Dabei erhebt sich die Frage, ob er in der Durchbrechung der Einheit nicht zu weit gehen kann, so daß Nebenwirkungen eintreten, die das erstrebte Ziel in Frage stellen oder sonstwie unerwünscht sind. Es wurde schon gesagt (Anmerkung 1 auf S. 183 Spalte 2), daß das Grundproblem des Pflanzenschutzes daraus erwächst, ferner der Naturschutzgedanke, der im Holocön ebenfalls eine tiefere Begründung neben seiner ideellen Seite erhält.

Ein typisches, einfaches Beispiel dafür, wie sich die Durchbrechung des Holocöns durch den Menschen im kleinen äußert, ist folgendes: Gewisse Zierpflanzen pflegen im Winter im geheizten Zimmer zu vergeilen, d. h. ihre Stengel werden abnorm lang, ihre Blätter klein und blaßfarbig. Im ungeheizten Zimmer tritt trotz des auch dort herrschenden Lichtmangels jene Erscheinung nicht ein. Daß sie in der Wärme eintritt, beruht darauf, daß die Pflanze an Licht nur diejenige Menge erhält, die das Holocön liefert, dagegen eine Wärmemenge, die die in der Natur zur Verfügung stehende weit übertrifft. Beide Wachstumsbedingungen sind nicht aufeinander abgestimmt: die Temperatur ist durch außerhalb des Holocöns stehende Ursachen disharmonisch gesteigert: Ursachen, die der menschlichen Intelligenz entspringen.

Da es einen allgemeinen und innerhalb desselben örtliche Einheitsfaktoren gibt, so kann man diejenigen Organisationen, die Teile des Lebensraums nebst der Organismenwelt darin umfassen, als Holocöne bezeichnen.

* * *

Muß man aus der gegenseitigen Einwirkung, die zwischen dem großen Einheitsfaktor und jeder Art von Wesen als Einzelfaktor besteht, nicht notwendig schließen, daß die phylogenetische Entwicklung zweckgerichtet in bezug auf das ganze ist, d. h. gemeinschaftsdienlich? Jede neue Form mußte doch immer in Anpassung an *alle* anderen des Milieus entstehen, da *alle* irgendwie auf sie einwirkten, und an das ganze Milieu überhaupt!

Es bedarf also keineswegs eines Lückenbüßers metaphysischer Art, der hier eingegriffen hätte. Alles bleibt von selbst in seinen Geleisen und rollt einem fernen Ziele zu; die Geleise verschieben sich ganz von selbst allmählich, wenn die Richtung verlegt wird[1]). Wer diese Geleise ursprünglich eingerichtet, ihnen die Eigenschaft, sich von selbst richtig zu verschieben, verliehen hat und erhält, und die rollenden Wagen darauf gesetzt hat: davon zu sprechen ist nicht unseres Amtes. Wir können im besten Falle die Entstehung dieser Geleise als Folge einer vorher bestehenden Ordnung erklären, doch steht das alles außerhalb des hier gesteckten Zieles.

Ist nicht aber *das* klar geworden, wie die Mannigfaltigkeit innerhalb der großen, in der Stammentwicklung nie verleugneter Grundformen entstand? Die Sisyphusarbeit der Kräfte, die nach Ausgleich streben, bewirkt immer neue Veränderungen des Ganzen, jede Schwankung eines Faktors stößt andere an und verhindert auch bei ihnen den Ausgleich. Das Protoplasma aller Wesen reagiert darauf mit den ihm innewohnenden Ureigenschaften der Regulation: restitutiv und adaptiv. So werden alle fortdauernd umgestaltet,

[1]) Im physiographischen Einheitsfaktor natürlich nicht alle Faktoren gleichmäßig; diese Vereinfachung aber ist wohl gestattet. — Soll die Lebensgemeinschaft als Einheitsfaktor dargestellt werden, so kann sie in den großen Kreis als ein kleinerer, konzentrischer eingetragen werden; die einzelnen Punkte seiner Peripherie sind die Arten.

[1]) Sie tun es nur soweit, daß der Grundplan erhalten bleibt (Geschlossenheit der einzelnen Stämme des Tierreiches). Wird er an einer Stelle allzusehr verwischt (Einseitige Anpassung z. B. von Parasiten), so ist eine erhebliche weitere Verschiebung nicht mehr möglich; eine geringe Veränderung des Milieus zu ihren Ungunsten beseitigt dann diese Art.

aber immer werden nicht alle Bevölkerungen einer Art davon betroffen, sondern nur ein Teil, auch nicht immer alle Individuen einer Bevölkerung, sondern einzelne Individuen oder Bevölkerungen können physiologisch oder örtlich separiert werden. Ist die Trennung physiologisch, so sind sie einer anderen Seite ihres bisherigen Holocöns ausgesetzt; sind sie örtlich isoliert, ohne auszuwandern, so haben sie ihr eigenes Holocön und verändern sich mit diesem unabhängig von anderen Bevölkerungen dieser Art; sind sie ausgewandert, so werden sie durch das neue Holocön verändert. Aber auch ohne Separation kann die Veränderung eintreten, indem ganze Bevölkerungen auf großem Raum gleichsinnig beeinflußt werden. Zugleich aber kann die alte Form mehr oder weniger lange erhalten bleiben. So liegt die Entstehung der Mannigfaltigkeit in der großen Einheit klar vor unseren Augen: Sie geschah durch die Ureigenschaft der Anpassungsfähigkeit, d. h. der Tätigkeit des Organismus, unmittelbar zweckmäßig für seine Erhaltung zu reagieren; *daß die Reaktion auch für das Ganze zweckmäßig, d. h. ganzheitserhaltend ist, bewirkt der holocöne Faktor.* Wir können beides auf den gemeinschaftlichen Nenner „Regulation" bringen: *die Arten entstehen durch Selbstregulation, und zwar durch solche im Organismus und in den biologischen Einheiten höherer Ordnung, den Organisationen.*

Die Umformung der Arten durch Selbstgestaltung ist heute sehr allgemein anerkannt; wer die betr. Literatur kennt, wird das bestätigen. Wir haben nicht die Absicht, selbst diese Frage zu beleuchten, sondern fußen auf der Tatsache und bringen den holocönen Faktor dabei zur Geltung. Eine vollständig ausgearbeitete Theorie „des phylogenetischen Wachstums", die auf diesem Boden steht, hat KRANICHFELD † gegeben[1]). *Exegit monumentum aere perennius!* Wir haben seine Schriften und die anderer Verfechter der Einheit der Natur erst dann gelesen, als diese Anschauung schon in uns feststand, aber das Lesen jener Autoren hat uns die Furcht vor dem eigenen Mute genommen und dadurch zu dieser Niederschrift geführt.

Eine wichtige Überlegung zu gunsten unserer Auffassung, oder sagen wir es ohne Scheu: ein Beweis dafür ist folgende: Daß die phylogenetische Entwicklung in gegenseitiger Anpassung der neu entstehenden Formen aneinander stattfand, war zur Wahrung der Einheit des Ganzen notwendiges Erfordernis. Hätte sie nicht so stattgefunden, wo wäre heute die Einheit? Ihr Bestehen allein ist ausreichender Beweis. Der holocöne Faktor wird uns noch manches entschleiern, was der atomisierenden Naturbetrachtung immer ein Rätsel hätte bleiben müssen.

* * *

Abgelehnt, wenngleich als in einem rein formalen Sinne vielleicht zutreffend bezeichnet, wird der Weltzusammenhang von W. KÖHLER[1]). Man kann seine Gründe dahin zusammenfassen, daß neben den Zusammenhängen gewisser endlicher Gebiete, welche dabei in sich sehr bestimmten Gesetzen folgen, der übrige Weltzusammenhang (mit dem Zustande innerhalb des Gebiets) wie 1 neben 10^{10} anzusehen sei. Wir verweisen demgegenüber, soweit das Unbelebte in Frage kommt, auf HENDERSON. Was die Organismenwelt anbetrifft, so ist der Zusammenhang mit dem übrigen Kosmos äußerst deutlich. Der Organismus ist in der Tat, um Worte KÖHLERS zu gebrauchen, „nur im totalen Weltzusammenhang wirklich, als Teil nur Abstraktionsprodukt." Ein Organismus im Vacuum hört alsbald auf Organismus zu sein. Sein Zusammenhang mit der Außenwelt ist so innig, daß niemals die Dinge außerhalb so geringwertig sind, um unbeachtet bleiben zu können. Und wie groß der Einfluß scheinbar geringfügiger Tatbestände der belebten Welt auf die Außenwelt sein kann, davon überzeuge sich, wen es interessiert, an dem bei RITCHIE[2]) gegebenen Beispiel, wie die Ansiedlung eines Möwenpaares auf einer Heide innerhalb von 10—15 Jahren die ganze Gegend veränderte.

Noch eins kommt hinzu: Die Gegenüberstellung eines Organismus und seiner Außenwelt ist etwas praktisch Notwendiges, aber ohne innere Berechtigung. *Der Organismus ist für sich selbst Außenwelt,* gehört mit zu dieser. Denn jedes Geschehen im Organismus steht in Abhängigkeit vom übrigen Geschehen darin. Übrigens gibt es innerhalb der großen Einheit zahllose Einheiten niederer Ordnung, die in sich stärker zusammenhängen als mit der Außenwelt. Liegt hier die Möglichkeit einer Vereinigung des biologischen mit dem physikalischen Standpunkt? (Denn so ist der erwähnte Gegensatz der Meinungen vielleicht zu kennzeichnen.) Kaum nötig zu sagen, daß unsere Meinung nicht ist, es müsse bei jeder Einzelfrage der ganze Weltzusammenhang aufgerollt werden. Aber wir können, indem wir sein Bestehen niemals vergessen, auf unserer Hut sein und Richtpunkte für unser Vorgehen finden.

[1]) In der ersten der in der Anm. auf S. 156, Spalte 2, zitierten Schriften.

[1]) Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand. Erlangen 1924.

[2]) J. RITCHIE, The Influence of Man on Animal Life in Scotland. Cambridge 1920. Oder man denke an die Ziegen von St. Helena: Die Nachkommen einiger vor Jahrhunderten dort zurückgelassener Ziegen vernichteten im Laufe der Zeit die üppigen Wälder und verwandelten den größten Teil der Insel in eine unfruchtbare Felswüste.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Theorie von Weyl und die Quantenmechanik.

1. In einer radikalen Kontinuumstheorie der Materie, wie sie von SCHRÖDINGER vorgeschlagen wurde, gibt es keine *reproduzierbaren* Maßstäbe und Uhren, und es ist demzufolge unmöglich, eine RIEMANNsche Maßbestimmung gemäß den EINSTEINschen Meßvorschriften zu definieren. Aussagen, die sich auf eine RIEMANNsche Maßbestimmung des SCHRÖDINGERschen Undulationsmediums beziehen, sind daher zunächst sinnlos.

2. In der WEYLschen Verallgemeinerung des RIEMANNschen Raumes[1]) wurde bereits ein Raumtypus geschaffen, in welchem die Nichtreproduzierbarkeit der Eicheinheit als konsequentes Postulat einer radikalen Nahgeometrie vorgesehen ist. Aber die physikalische Interpretation dieser Theorie in ihrer ursprünglichen prägnanten Form war schwerwiegenden Einwänden[2]) ausgesetzt.

3. Konnte man bisher an der WEYLschen Theorie und der durch sie inaugurierten geometrischen Deutung des Elektromagnetismus um so eher vorbeigehen, als physikalische Tatsachen (anders als bei der Gravitation) nicht zu ihrer Annahme zwangen, so hat sich die Sachlage jetzt von Grund auf geändert: Man ist geradezu aus dem sub 1. angeführten Grunde *gezwungen*, den allgemeinen WEYLschen Raumbegriff auf das SCHRÖDINGERsche Kontinuum anzuwenden, und da zeigt es sich, daß gerade mit der von WEYL befürworteten elektromagnetischen Deutung jetzt dem EINSTEINschen Einwande begegnet wird, und zugleich sich ein enger Zusammenhang mit der SCHRÖDINGERschen Theorie enthüllt.

4. Verfolgt man nämlich den Feldskalar[1]) ψ entlang des Materiestromes und vergleicht ihn mit dem variablen WEYLschen Eichmaße, so ergibt sich, daß ψ in dieser Maßbestimmung eine Konstante ist. Das aber heißt, daß diese Größe, welche einzig als sinnvolles Maß des Undulationskontinuums in Frage kommt, *identisch* ist mit WEYLs Eichmaß.

5. Die stationären Zustände sind nun dadurch ausgezeichnet, daß in ihnen die fluktuierende Eichgröße sich in Resonanz mit sich selbst befindet, derart, daß sie im n-ten Zustande bei einem geschlossenen Umlauf nach n-Schwingungen genau wieder ihren ursprünglichen Wert zeigt[2]). Die Einwände von EINSTEIN treten also, wenn man die *quantentheoretisch allein möglichen* Bewegungszustände der Materie und die hiermit verbundene Resonanz berücksichtigt, außer Kraft.

Diese Zusammenhänge bestehen in Strenge zunächst mit der DE BROGLIEschen Form der Wellenmechanik. Zu ihrer Übertragung auf die SCHRÖDINGERsche Theorie bedarf es einer quantenmechanischen Umdeutung der WEYLschen Maßtheorie, welche durch das Auftreten einer 5. Feldgröße ψ nahegelegt wird.

Die mathematische Behandlung und Begründung dieser Behauptungen erscheint in der Zeitschrift für Physik.

Stuttgart, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 19. Januar 1927. F. LONDON.

[1]) H. WEYL, Ber. d. preuß. Akad. d. Wissensch. 1918, S. 465; Mathem. Zeitschr. **2**, 384. 1918; Ann. d. Phys. **59**, 101. 1919.

[2]) A. EINSTEIN, Ber. d. preuß. Akad. d. Wissensch. 1918, S. 478. Der Einwand besteht im wesentlichen darin, daß zwei gleiche Größen, wenn sie verschiedene Potentialfelder durchlaufen, im allgemeinen ungleich würden, was der Erfahrung (z. B. der Existenz scharfer Spektrallinien) widerspräche.

[1]) Hierbei ist die KLEIN-FOCKsche 5-dimensionale Fassung zu wählen. O. KLEIN, Zeitschr. f. Phys. **37**, 895. 1926; V. FOCK, Zeitschr. f. Phys. **39**, 226. 1926.

[2]) Dieser Satz wurde von SCHRÖDINGER bereits 1922 (Zeitschr. f. Phys. **12**, 13. 1922) vermutet und an mehreren Beispielen demonstriert (natürlich nur für die WEYLsche Theorie und „klassische" Quantentheorie), aber damals nicht in seiner Bedeutung erkannt — 4 Jahre vor Auffindung der Undulationsmechanik.

Besprechungen.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgegeben von W. WIEN und F. HARMS. Bd. I: Meßmethoden und Meßtechnik von L. HOLBORN; Technik des Experimentes von E. v. ANGERER. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. XX, 484 S. und 218 Abbild. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 40.—, geb. RM 42.—.

In der Einleitung zu den Meßverfahren sagt der Verf., daß eine Beschränkung auf das Grundsätzliche stattgefunden habe, sowohl um die Übersicht zu wahren, als auch um den folgenden Teilen des Handbuches nicht vorzugreifen. Hierin hat sicher eine große Schwierigkeit der Disposition gelegen, besonders da sich die Beschreibung der Meßmethoden über das ganze Gebiet der Physik erstreckt. Denn es liegt die Gefahr vor, daß bei einzelnen Gebieten zunächst elementare Sachen behandelt werden oder daß einzelne Sachen, die später schwierig unterzubringen sind, vorweggenommen und der Zusammenhang doch gestört wird. Beide Schwierigkeiten scheinen auch bei der vorliegenden Bearbeitung nicht ganz vermieden zu sein. Natürlich ist ein endgültiges Urteil schwierig zu fällen, da die übrigen Bände des Handbuches noch nicht vorliegen, doch ist z. B. nach dem Prospekt anzunehmen, daß die Messung der einfachen mechanischen Größen später nicht noch einmal kommt. Unter dieser Voraussetzung betrachtet, erscheinen doch manche Abschnitte der Mechanik für ein Handbuch zu wenig eingehend behandelt. So findet man die Zeitmessung auf etwas mehr als vier Seiten behandelt. Selbst, wenn man annimmt, daß später bei der Ballistik noch etwas über die Messung kurzer Zeiten kommt, sollte man doch erwarten, daß z. B. die gewöhnliche Uhr etwas ausführlicher behandelt ist. Man findet aber z. B. die verschiedenen Arten der Hemmungen gar nicht erwähnt. Von den Uhrpendeln findet man das gewöhnliche Rostpendel sowie ein Quecksilberpendel erwähnt und abgebildet; über das Rieflerpendel steht nur ein Satz. Einflüsse der Luftreibung, des Luftdruckes sind nicht erwähnt. Über die Messung kurzer Zeiten steht hier nur eine Seite. Dagegen erscheint später bei der Elektrizität die Messung mit Kondensator und ballistischem

Galvanometer, also an einem Platze, wo man die Zeitmessung zunächst nicht sucht. Auch die Winkelmessung ist recht dürftig behandelt.

Eingehender sind die Abschnitte über Wärme, Elektrizität und Magnetismus. Die Meßmethoden und die Meßtechnik der Optik dagegen umfassen nur 22 Seiten und enthalten im wesentlichen nur die subjektiven und objektiven Methoden der Photometrie. Die Dürftigkeit des optischen Kapitels gegenüber den ausführlicheren der anderen Gebiete (100 Seiten für die Wärme, etwas mehr für Elektrizität und Magnetismus) erscheint unmotiviert.

Die Abbildungen lassen manchmal zu wünschen übrig: z. B. Figg. 134a, Westonzeiger, 145 absolutes Elektrometer, 193 magnetisches Joch; andere, wie z. B. das Schema eines gewöhnlichen Plattenkondensators (Fig. 116) erscheinen für ein Handbuch entbehrlich.

Der zweite Teil des ersten Bandes: die Technik des Experimentes von E. v. ANGERER, wird von den Experimentalphysikern dankbar begrüßt werden. Der Experimentalphysiker ist — um mit den einleitenden Worten des Verf. zu sprechen — nicht selten genötigt Arbeiten auszuführen, die in das Fach des Handwerkers schlagen: des Mechanikers, des Glasbläsers, Schreiners, Photographen. Er unterzieht sich dieser Aufgabe, sei es, um nicht den Fortgang seiner Arbeit durch das Warten auf Ablieferung des bestellten Stückes zu hemmen, sei es, um sich selbst erst während der Herstellung über die beste Konstruktion schlüssig zu werden oder um, dank seiner höheren Intelligenz, die Arbeit des Handwerkers zu übertreffen. Der Verf. hat schon vor zwei Jahren ein sehr geschätztes kleines Buch über technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen geschrieben. Der vorliegende Handbuchartikel stellt noch allgemeiner die für moderne Experimentaluntersuchungen erforderliche Technik dar. Von früheren Darstellungen, insbesondere von der umfangreichen, auch bereits veralteten, Physikalischen Technik von FRICK-LEHMANN, unterscheidet sich die vorliegende durch Beschränkung auf die Laboratoriumstechnik, so daß die Vorlesungstechnik nicht berücksichtigt wird. Auch wird die übliche Handfertigkeit, ohne die kein Physiker auskommt, vorausgesetzt. Dadurch wird eine angenehme Kürze der Darstellung erreicht. Andererseits erfährt man gerade das, was für aktuelle physikalische Experimentaluntersuchungen zu wissen wünschenswert ist und was meist in gelegentlichen Notizen in der Literatur zerstreut ist. Dabei ist zu bemerken, daß gerade in der deutschen Literatur wegen des erschreckenden Anschwellens der Zahl der Veröffentlichungen und der dadurch bedingten Tendenz der Herausgeber, die Arbeiten zu kürzen, die Angaben über experimentelle Einzelheiten, technische Kniffe merklich seltener werden. In ausländischen, insbesondere amerikanischen Zeitschriften findet man auch viel häufiger als in deutschen kleine Publikationen speziell über (meist behelfsmäßige) Laboratoriumsapparate, experimentelle Kniffe usw., und zwar gerade solchen, die bei der experimentellen Forschungsarbeit entstehen, nicht solchen, die lediglich die Demonstration von bekannten Sachen im Unterricht bezwecken; für das letztere existiert auch bei uns genügende Literatur. Die erwähnten Veröffentlichungen bringen zwar oft nicht überwältigende Neuigkeiten, stellen aber doch einen Anreiz für den physikalischen Nachwuchs dar und sind der Verbreitung der Experimentierkunst förderlich.

In dem vorliegenden Handbuchartikel wird der Stoff in einer geschickten Disposition gebracht. Die Auswahl der Materie, die gerade auf diesem Gebiete eine entscheidende Rolle spielt, ist getragen von einer genauen Kenntnis der zur Zeit aktuellen Probleme. Man vergleiche dazu den Inhalt einiger herausgegriffener Kapitel, z. B. einige Werkstoffe und ihre physikalische Bedeutung: da wird behandelt: Wolfram, Molybdän, Nickelstähle (Invar, Elinvar, V 2 A, unmagnetischer Nickelstahl), Elektrometall, Quecksilber, leicht schmelzende Legierungen, Alkalimetalle, Glassorten (Pyrex, 59^{III}, Resista, Supremax, Suprax, Fiolax und Uviolglas), Quarzglas, Reiner Alkohol oder die Kapitel: Dünne Folien, feine Drähte und Quarzfäden oder: Isolatoren und hochohmige Widerstände. Der Verf. hat eine langjährige Institutstradition und eigene Erfahrungen in dankenswerter Weise der Allgemeinheit zugänglich gemacht. E. REGENER, Stuttgart.

BIRTWISTLE, G., **The quantum Theory of the atom**. Cambridge University Press 1926. IX, 233 S. 14 × 22 cm. Preis 15 Sh.

VLECK, J. H. van, **Quantum principles and line spectra.** Bulletin of the Nat. Research Council, Vol. 10, Part. 4. Washington 1926. 316 S. 17 × 25 cm. Preis 3 $.

Begeistert von den schönen Fortschritten der letzten Jahre in der Theorie des Atombaus hat BIRTWISTLE ein nützliches und anregendes Buch über diesen Gegenstand geschrieben. Es ist offenbar sehr gefährlich, eine Monographie über eine unabgeschlossene Theorie zu schreiben, und die einzige Weise, diesen Gefahren zu entgehen, scheint nur darin zu bestehen, daß man deutlich auseinandersetzt, mit welchen Gruppen von physikalischen Erscheinungen die neue Theorie sich beschäftigt, nach welchen großen Gesichtspunkten sie sie ordnet, und dann, unter Vermeidung der drohenden Stillosigkeit, über solche Detailarbeiten berichtet, die glaubenswürdige oder versprechende Resultate auf geliefert haben. Angesichts eines solchen Ideals könnte man aber gegen verschiedene Teile von B.s Buch ernste Bedenken erheben, und man bekommt das Gefühl, daß der Verf. den behandelten Stoff nicht in genügend überlegener Weise beherrscht. Vor allem vermißt man oft bei der Behandlung der verschiedenen Probleme eine Belehrung über dasjenige, was nun eigentlich das wesentliche an der Sache ist. Das Buch hat mehr den Charakter eines Lehrbuchs für Studenten, mit vielen nützlichen, der Literatur entnommenen Rechenbeispielen: als Vorbereitung wird ein Student viel daraus lernen können. Die Literatur ist berücksichtigt bis zum Herbst 1925 und enthält am Schluß ein kurzes Referat über HEISENBERGS erste Arbeit über Quantenmechanik.

VAN VLECKS Buch enthält eine sehr wertvolle, gediegene, durchaus wissenschaftliche Darstellung der bisherigen Quantentheorie der Linienspektren. Die physikalischen Gedanken und die mathematisch-technischen Hilfsmittel sind in übersichtlicher Gliederung dargestellt, die Literatur ist durchaus richtig und vollständig berücksichtigt; kurz, es ist das Buch eines Fachmannes. Zwar ist, besonders durch die Entwickelung der Quantenmechanik im letzten Jahre, heute schon vieles geklärt, was während des Schreibens noch dunkel war, und wird somit einiges von dem, worüber das Buch handelt, bald nur noch historisches Interesse haben; für den, der sich in die Quantentheorie des Atoms einarbeiten will, bietet es aber einen Leitfaden, dem man mit vollem Vertrauen folgen kann.

H. A. KRAMERS, Utrecht.

DARROW, KARL K. **Introduction to Contemporary Physics.** New York: D. van Nestrand & Co. 1926. IX, 453 S. 15 × 23 cm. Preis geb. 6 $.

Die Lektüre fremdsprachlicher wissenschaftlicher

Werke ist, sofern es sich nicht um Spezialwerke bedeutender Forscher handelt, oft vor allem deswegen reizvoll, weil sie einen Einblick in die wissenschaftliche Psyche anderer Nationen gibt, ein Thema, über das es sich wohl lohnte, ein Buch zu schreiben. So haben wir in Deutschland keinen Mangel an vortrefflichen Werken, die das gleiche Thema behandeln wie das vorliegende, dessen Inhalt ein Überblick über die Atomtheorie und was dazu gehört ist. Und doch ist es schon lohnend, darin nur einmal zu blättern, weil eben ein Amerikaner aus seiner Natur heraus die Dinge anders ansieht als ein Deutscher, auch bei gleicher wissenschaftlicher Stellungnahme.

Der Inhalt des Buches ist durch seine Kapitelüberschriften ausreichend gekennzeichnet: das Elektron, das Atom, das periodische System und die Folge der Elemente, Ablenkung von α-Strahlen durch Atome, Wellen und Quanten, Ionisation, die stationären Zustände, Auswahl aus spektroskopischen Daten, Bohrs Modelle für Wasserstoff und Helium, Modelle für Atome mit mehr als einem Elektron und für Moleküle, Elektrizitätsleitung in Gasen. Kurz, ein amerikanischer „Sommerfeld", aber für ein etwas breiteres Publikum gedacht. Alles, was man dem Verständnis eines solchen Publikums zumuten kann, und was dazu dienen kann, jemanden, der die Grundlagen der Physik beherrscht, in die modernste Physik einzuführen, ist in lebendiger Weise zur Darstellung gebracht. Das hervorragend gut ausgestattete Werk ist mit einer Fülle von ausgezeichneten Abbildungen geschmückt, bei denen besonders das gute Gelingen der Reproduktion von Spektren hervorgehoben sei. Vorbildlich ist die Loyalität im Zitieren der Autoren. Es erscheint sogar in der Unterschrift fast jeder Abbildung nicht nur der Name des Autors, sondern auch die Zeitschrift, aus der sie entnommen ist.

Es kann wohl keinen besseren Beweis für den ungeheuren Aufschwung der amerikanischen Physik in den letzten zwei Jahrzehnten geben, als die Tatsache, daß in Amerika heute derartige Bücher geschrieben und auf den Markt gebracht werden. Daß in ihm die besonderen Verdienste der deutschen Forscher neben denen der Engländer und Amerikaner voll zu ihrem Recht kommen, darf man als Zeichen für die eingetretene Gesundung in den internationalen wissenschaftlichen Beziehungen mit Genugtuung feststellen.

W. H. Westphal, Berlin.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Gegründet von R. Kukula und K. Trübner. Unter redaktioneller Leitung von Fritz Epstein, herausgegeben von Gerhard Lüdtke. 28. Jahrgang. III Bände. IX, 2721 S. Preis RM 80.—. Minerva-Index (Geographisches Register, unter redaktioneller Mitarbeit von Friedrich Richter). VII, 595 S. Preis RM 32.—. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1926. 13 × 21 cm. Preis der Minerva mit Index RM 100.—.

Das Jahrbuch der Gelehrten Welt erscheint im 28. Jahrgang, und es wäre schwer, jedes Jahr Neues darüber zu sagen, wenn nicht der Herausgeber dem Referenten die Lösung der Aufgabe dadurch leicht machte, daß er selber jedes Jahr Neues bringt. Er begnügt sich nicht damit, das Jahrbuch up to date zu bringen — das ist bei einem so umsichtigen Herausgeber selbstverständlich —, er bringt tatsächlich jedes Jahr etwas Neues, sei es eine Erweiterung des Arbeitsgebietes, sei es eine Verfeinerung der Organisation des Jahrbuches. Gerade das letzte hat er dieses Jahr in staunenswerter Weise zuwege gebracht. Er hat die Minerva um einen Registerband vermehrt, dessen Grundeinteilung eine geographische ist, und der es möglich macht, jede wissenschaftliche Organisation irgendeines Landes, und wäre es selbst die kleinste Gesellschaft, in dem umfangreichen Jahrbuch sofort aufzufinden. Das Studium dieses geographischen Indexbandes gewährt durch seine Reichhaltigkeit und seine große Übersichtlichkeit eine höchst belehrende Unterhaltung. Man übersieht mühelos, wie viele Universitäten ein Land besitzt (mit was für Fakultäten), welche Archive, Bibliotheken, Museen, Wissenschaftliche Gesellschaften u. dgl. m. Man sieht mit Staunen, daß Italien 24 Universitäten besitzt, darunter eine mit einer einzigen (juristischen) Fakultät: Macerata, daß sich allein in Sizilien 3 und in Sardinien 2 befinden. Man findet ebenso eine übersichtliche Zusammenstellung der Botanischen Gärten in Indien wie der Zoologischen in Deutschland oder anderer naturwissenschaftlicher Sammlungen in irgendeinem anderen Lande der Erde.

Bedeutet schon dieser neue Band eine grundsätzliche Bereicherung des Jahrbuches, so nicht weniger die Vollkommenheit, mit der der Herausgeber immer weiter und weiter den einzelnen wissenschaftlichen Organisationen nachzugehen weiß und alles zusammenträgt, was daran von Interesse sein könnte. Freilich ist es dadurch nötig geworden, die bisher auf einen Band beschränkte Minerva nunmehr in zwei fast ebenso starke Bände zu zerlegen, wozu noch ein Namensregister kommt und der geographische Indexband. Das Buch ist dadurch weniger handlich als bisher, aber das ist unvermeidlich, und man kann nicht eine fortwährende Verbesserung und Erweiterung des Handbuches verlangen, ohne diese eine Unbequemlichkeit, falls ein Empfindlicher sie als Unbequemlichkeit empfinden sollte, in Kauf zu nehmen. Eine Verkleinerung des Umfanges wäre nur dann erzielbar, wenn man in der Abänderung eines von Lichtenberg stammenden Vorschlages die Namen der Gelehrten in einer ihrer Bedeutung proportionalen Satzgröße druckte, die Namen der Sterne der ersten Größenklasse wie Bohr, Einstein, Rutherford aber in der bisherigen Satzgröße brächte — ein Vorschlag, den freilich wohl nur Lichtenberg selber hätte durchführen können. Gewiß wird auch mancher die große organisatorische Leistung derMinerva unterschätzen, weil Organisation „nichts Wissenschaftliches" ist, und doch verdankt wahrscheinlich so mancher Gelehrte der Minerva die Überlieferung seines Namens auf die Nachwelt, nur weil die Minerva ihn enthält. Wenn man dem Jahrbuch volle Gerechtigkeit widerfahren lassen will, so muß man nicht nur die große Bedeutung anerkennen, die das Buch für jeden besitzt, der gezwungen ist, sich über solche Einzelheiten zu unterrichten, wie sie die Minerva bringt, sondern auch, daß hier ein einzelner ein Werk von völlig internationaler Bedeutung geschaffen hat, während sonst für die internationale Organisierung, gleichviel welchen Unternehmens, ein ungeheurer Aufwand aufgeboten werden muß, der oft im umgekehrten Verhältnis zu dem schließlichen Ergebnis steht. Hier ist mit wenigen Hilfsarbeitern im Laufe von wenig mehr als einem Vierteljahrhundert durch konsequente Entwicklung eines einzigen Gedankens ein Werk von internationaler Bedeutung geschaffen, das man höchstens nachahmen, aber nicht besser machen kann. A. Berliner, Berlin.

Technische Mitteilungen.

Neue Fortschritte deutscher Automobil-Technik. Vom 29. Oktober bis 7. November 1926 fand in den Hallen zu Charlottenburg eine Ausstellung deutscher Erzeugnisse auf dem Gebiete des Automobil- und Motorradwesens, voraussichtlich die letzte nicht internationale Ausstellung, statt. Obgleich an Umfang wesentlich geringer als frühere Ausstellungen, was sich schon in der Beschränkung auf die beiden Hallen des Reichsverbandes der Automobil-Industrie ausdrückt, bot die vorjährige Ausstellung doch an technischem Fortschritt ungemein viel. Man kann, will man das Urteil über die vorjährige Ausstellung zusammenfassen, ruhig sagen, daß sich in diesem Jahr zum erstenmal die deutsche Industrie auch technisch dem Ausland gegenüber ebenbürtig und wettbewerbsfähig erwiesen hat.

Eine besondere Note wurde der Ausstellung auch durch eine *historische Abteilung* verliehen, die ihr aus Anlaß des 25jährigen Bestehens des Reichsverbandes der Automobil-Industrie angegliedert und die recht gut beschickt war, und es gewährte einen besonderen Reiz, an der Hand der früheren Erzeugnisse, deren Herstellung bis in das Jahr 1892 zurückreicht, Vergleiche mit dem heutigen Stande dieser Technik zu ziehen. Früher große, laut puffende und rasselnde Einzylindermotoren, die nur verhältnismäßig langsam liefen und nicht mehr als 5 oder 6 PS leisteten, heute geräuschloser, vielmals schnellerer Motorlauf, bis zu 8 Zylinder und Leistungen von 100 und mehr PS — früher hohe Räder mit dünnen hölzernen Speichen und Vollgummireifen, heute niedrige aus Blech gepreßte Stahlräder mit den weichen Ballonreifen, usw.

Der Fortschritt des letzten Jahres drückt sich vor allem in der *Verminderung der Zahl von Wagentypen* aus. Noch im Jahre 1924 wurden von 86 Fabriken nicht weniger als 146 verschiedene Typen von Personenwagen ausgestellt, während im Jahre 1926 nur noch 30 Fabriken 42 Typen vorführten. Aber von den in diesem Jahre ausgestellten Konstruktionen waren 17 ganz neu entworfen, und von diesen 13 für Sechszylindermotoren bestimmt. Diese Einstellung des deutschen Personen-Kraftwagenbaues auf den mittelstarken *Sechszylindermotor*, dem gegenüber man noch vor einem Jahr mit Rücksicht auf Steuer und Herstellungspreis den kleinen Vierzylindermotor bevorzugte, bildet das hervorstechendste Merkmal der Ausstellung des Jahres 1926 und zugleich die Grundlage für die Gleichstellung mit dem Auslande, das schon früher zu diesem Motor übergegangen war.

Auch in den Einzelheiten der Konstruktion dieser neuen Motoren konnte man eine gewisse Übereinstimmung erkennen, die zu einem Teil der Benutzung ausländischer Erfahrungen zugeschrieben werden darf. Man bevorzugt beispielsweise heute siebenmal gelagerte Kurbelwellen, weil diese gegen das Auftreten von Torsionsschwingungen und das hierdurch verursachte Geräusch bei höherer Drehzahl größere Sicherheit bieten als die früher üblichen viermal gelagerten Kurbelwellen. Man baut wieder mehr Motoren mit stehenden Ventilen als mit hängenden Ventilen, weil sie ruhiger laufen und weil es bei dem ohnedies reichlich bemessenen Zylinderinhalt der Motoren nicht mehr so darauf ankommt, möglichst hohe Spitzenleistungen herauszuholen. Dagegen wendet man der Durchbildung der Schmierung, der ständigen Reinigung des Öles und der Entfernung des Staubes aus der angesaugten Luft bedeutend mehr Aufmerksamkeit zu als früher, weil man erkannt hat, daß diese Einrichtungen für die Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit der Motoren wesentlich sind.

Gelten die genannten Kennzeichen gleichmäßig für alle neuen Motorkonstruktionen, so brauchte man trotzdem auch besondere Merkmale nicht zu vermissen, die die Originalität des Ingenieurs verrieten. Als Beispiel hierfür sei der neue 27/120 PS-Motor der *Maybach-Motorenbau-Gesellschaft*, Friedrichshafen, genannt, der mit seinen seitlich eingesetzten und mittels langer Kipphebel von unten her gesteuerten Ventilen einen sehr vollkommen gestalteten Brennraum im Zylinder erreicht, ohne die Nachteile der hängenden Ventile in den Kauf nehmen zu müssen. Der Motor ist für eine verhältnismäßig niedrige Höchstdrehzahl bemessen, hat aber ein so großes Drehmoment, daß er den schweren Wagen auch auf einer Steigung von 15% mit dem direkten Gang durchziehen kann. Da der Vergaser aber auch sehr langsamen gleichmäßigen Gang des Motors ermöglicht, so kann man den Wagen voll beherrschen, wenn man nur den Gashebel bedient. Dabei ist der Brennstoffverbrauch des Wagens wegen der günstigen Wirkungsweise des Vergasers sehr mäßig.

Auch den neuen *Horch*-Motor von 12/60 PS darf man mit seinen acht in einer Reihe hintereinanderstehenden Zylindern und den beiden darüber gelagerten parallelen Steuerwellen, die unmittelbar die hängenden Ventile betätigen, als eine durchaus originelle Konstruktion bezeichnen. Die große Zylinderzahl und die ohne Gestängemassen wirkende Steuerung eignen sich ganz besonders für sehr hohe Drehzahlen, die der Konstrukteur dieses Motors, Baurat PAUL DAIMLER, offenbar noch für erstrebenswert hält.

Im Gegensatz zu diesen Motoren sind die neuen Typen von Sechszylindermotoren, die die *Daimler-Benz-A.-G.*, Untertürkheim, und die *Adlerwerke*, Frankfurt a. M., herausgebracht haben, mit ihren glatten und in der Höhe der Ventilsitze geteilten Zylinderblöcken und den seitlich angeordneten Ventilen als durchaus normale Bauarten anzusehen, bei deren Entwurf die Rücksicht auf möglichst einfache Bearbeitbarkeit und daher billige Herstellung in erster Reihe gestanden hat. Der Erfolg ist auch insofern eingetreten, als z. B. die Daimler-Benz-A.-G. ihren 8/38 PS-Sechszylinderwagen mit offenem Aufbau für 7800 Mk. anbieten kann.

Auch bei den *Wechselgetrieben* für Personenkraftwagen ist ein gewisser Fortschritt auf Grund von Erfahrungen des Auslandes bemerkbar, indem man mit Rücksicht auf den reichlichen Kraftüberschuß der Sechszylindermotoren die Zahl der Stufen auf drei vermindert hat. Natürlich werden fast nur noch die leichten Einscheibenkupplungen verwendet und die Getriebe mit Mittelschaltung unmittelbar an die Motoren angebaut. Die *Zahnradfabrik Friedrichshafen* stellte normalisierte Getriebe aus, die sie billiger und besser als jede Automobilfabrik herstellen könnte, wenn sich die deutschen Fabriken entschließen würden, die ganz unwesentlichen Eigenheiten zu opfern, in denen sich ihre Getriebekonstruktionen noch unterscheiden. Soweit man bis jetzt übersehen kann, scheinen in der Tat die Aussichten, daß sich der Bezug fertiger Getriebe bei uns einführen wird, heute günstiger als vordem zu sein.

Ferner verdienen einige neue Vorschläge, wie man das *Schalten des Getriebes vereinfachen* könnte, Beachtung. Der eine Weg, das Schalten zu sparen, besteht darin, den Motor so groß zu machen, daß er unter normalen Fahrverhältnissen genügende Kraftreserve

behält. Für den mittleren Wagen ist allerdings dieser Weg nicht gangbar. Man kann aber die Unbequemlichkeit des Schaltens wesentlich mildern, wenn man den Vorgang in 2 Teile zerlegt, nämlich das Wählen des neuen Ganges und das Einrücken dieses Ganges. Der erste Vorgang kann zeitlich beliebig lange vor dem Zeitpunkt ausgeführt werden, wo die neue Übersetzung des Getriebes gebraucht wird. Man kann diese Arbeit auch erleichtern, indem man zum Gangwählen einen kleinen Hebel am Führersitz anbringt. Erst wenn die neue Übersetzung notwendig wird, zieht man durch Niederdrücken des Kupplungshebels alle Getriebezahnräder in die Mittelstellung, und wenn man unmittelbar darauf den Kupplungshebel wieder freigibt, so rückt sich der neue Gang von selber ein.

Eine solche halb selbsttätige Schaltung für die Wechselgetriebe hat vor einigen Jahren die Zahnradfabrik Friedrichshafen nach der Erfindung von Graf Soden eingeführt; sie hat aber wenig Anwendung gefunden. Neuerdings hat die Firma *Vorwerck & Co.*, Barmen, eine ähnliche, aber sicherer wirkende Schaltung ausgestellt. Der besondere Vorteil dieser Einrichtungen ist die Abkürzung des Schaltvorganges, also die Verringerung der Zeitspanne, während deren der Motor abgekuppelt sein muß. Infolgedessen verliert ein Wagen mit einer solchen Schaltung während des Schaltens viel weniger an Geschwindigkeit, und er kommt viel rascher in volle Fahrt. Dieser Vorteil, der namentlich bei Omnibussen im Großstadtverkehr mit ihren zahllosen Haltepunkten eine Rolle spielt, hat scheinbar bis jetzt noch nicht genügende Beachtung gefunden.

Noch einen Schritt weiter geht in der Vereinfachung des Schaltens eine Konstruktion, die nach einer Erfindung von Puls von den *Diziwerken* in Eisenach vorgeführt wurde. Bei diesem Getriebe fällt auch das Wählen des Ganges fort. Um den Wagen in Gang zu setzen, läßt man nur den Kupplungshebel zurückgehen, nachdem man den Motor angelassen hat. Durch die Bewegung des Kupplungshebels wird dann ganz von selbst der erste Gang und, wenn sich der Wagen genügend beschleunigt hat, der nächstfolgende bis zum direkten dritten Gang eingerückt, ohne daß der Fahrer etwas anderes als den Gashebel zu treten braucht. Diese Wirkung wird in sehr einfacher Weise dadurch erzielt, daß das Getriebe als Umlaufgetriebe ausgebildet ist und je nach der verlangten Übersetzung an verschiedenen Teilen gebremst wird. Die Bremsen werden mittels einer Nockenwelle vom Kupplungshebel aus in Tätigkeit gesetzt.

Daß ein Personenkraftwagen und fast jeder bessere Überlandkraftomnibus mit *Vierradbremse* ausgerüstet wird, gilt heute als selbstverständlich; es mehren sich aber hier schon die Versuche, dem Fahrer durch sog. Servo-Einrichtungen einen Teil der körperlichen Arbeit abzunehmen, die mit dem Bremsen verbunden ist. Die Frage ist, wie leicht begreiflich, für die schweren Omnibusse, die teilweise hohe Geschwindigkeiten erreichen und im Gebirge lange Gefällstrecken durchlaufen, besonders wichtig.

Nachdem die sog. *mechanischen Relais*, bei denen die Hilfskraft zum Bremsen von der lebendigen Kraft des schnellfahrenden Wagens hergegeben wird, mit Ausnahme der Anordnung von Perrot von der Praxis abgelehnt worden sind, kann man die mit anderen Kraftmitteln arbeitenden Bremsen dieser Art grundsätzlich unterscheiden in solche, bei denen das Kraftmittel unmittelbar an der Bremse und solche, bei denen das Kraftmittel nur mittelbar verwendet wird. Zur ersten Art gehören Bremsen mit Druckluft- oder Druckölwirkung, die durch kleine Kraftzylinder betätigt werden. Solche Zylinder müssen an jeder Bremse sitzen, sie müssen das Druckmittel zugeleitet erhalten, und darin liegt eine gewisse Möglichkeit für das Versagen der Bremsen, weil die Leitungen undicht werden oder brechen können. Bei der zweiten Art dagegen ist für alle vier Bremsen nur ein einziger Kraftzylinder notwendig, den man unmittelbar an der Quelle des Druckmittels anordnen kann, und dieser wirkt auf das übliche Gestänge der Bremse derart, daß beim Niederdrücken des üblichen Bremshebels zuerst die Hilfskraft und im weiteren Verlauf auch die Kraft des Fahrers zur Wirkung gelangt. Eine solche Bremse kann daher auch dann nicht versagen, wenn aus irgendeinem Anlaß das Druckmittel ausbleibt, weil dann immer noch der Fahrer mit dem Fuß bremsen kann.

Bremseinrichtungen der zuletzt beschriebenen Art haben sich auch bei deutschen Personenwagen in der letzten Zeit eingeführt; der neue *Maybach*-Wagen hat eine Vierradbremse, die ein im Gehäuse des Motors eingebauter Druckzylinder betätigt. Eine vom Motor angetriebene Pumpe drückt das im Gehäuse des Motors befindliche Schmieröl in ständigem Umlauf durch diesen Zylinder, der unten offen ist. Sobald man aber den Fußhebel der Bremse niederdrückt, schließt man je nach dem Grad dieser Bewegung mehr oder weniger weit ein Ventil, das den Austritt des Öles aus dem Zylinder drosselt, und ruft so eine Drucksteigerung im Zylinder hervor, die sich mittels des zugehörigen Kolbens als Kraft auf das Gestänge der Bremse überträgt.

In ähnlicher Weise macht man bei der Vakuum-Vierradbremse nach System *Devandre*, die beim neuen *Horch*-Wagen verwendet wird, von dem Unterdruck Gebrauch, der in der Regel in der Ansaugleitung des Motors auftritt. Sobald man den Bremshebel niederdrückt, öffnet man ein Ventil, das den entsprechend groß bemessenen Zylinder mit der Ansaugleitung verbindet, und die hierdurch am Kolben auftretende Kraft wird unmittelbar auf das Gestänge der Bremse übertragen.

Von neuzeitlichen Konstruktionsproblemen des Kraftwagenbaues sei zum Schluß noch das Problem des *Hinterachsantriebes* bei Kraftomnibussen mit tiefliegendem Rahmen besprochen. Bekanntlich strebt man heute bei dieser besonderen Art von Kraftwagen die tiefe Lage des Rahmens darum an, weil man den Fahrgästen höchstens zwei und nicht zu hohe Stufen für das Ein- und Aussteigen zumuten will, wodurch die zulässige Höhe des Rahmens auf 50—55 cm festgelegt wird. Dem Tieflegen des Wagenfußbodens steht aber das Getriebegehäuse in der Mitte der Hinterachse im Wege, das noch so weit vom Fußboden entfernt bleiben muß, wie sich die Federn durchdrücken können.

Es gibt nun heute zwei Wege, wie man diese Schwierigkeit lösen kann. Da das erwähnte Getriebegehäuse vor allem deshalb unbequem ist, weil es außer der üblichen Kegelradübersetzung noch eine Stirnräderübersetzung enthalten muß, so geht der eine Teil der Konstrukteure so vor, daß er die Stirnräderübersetzung aus dem Hinterachsgehäuse heraus an einen beliebigen Punkt zwischen Hinterachse und Wechselgetriebe verlegt. Beispielsweise ist bei dem neuen Wagen von H. Büssing, Braunschweig, diese Übersetzung unmittelbar hinter dem Getriebekasten angebaut, bei dem Wagen von C. D. Magirus, Ulm, für diese Übersetzung in der Mitte des Rahmens ein besonderes Gehäuse vorhanden, so daß die Kardanwelle nicht mehr in der Längsmitte des Wagens liegt, wie es sonst üblich ist.

Der andere ohne Zweifel bessere Weg ist, die erwähnte Stirnradübersetzung nicht vor, sondern hinter

das Differentialgetriebe der Hinterachse, und zwar unmittelbar an die Hinterräder zu verlegen, so daß man sehr schnell laufende Differentialwellen, also kleine Kegelräder, und verhältnismäßig langsam, also ziemlich ruhig laufende Stirnräder erhält. Diese Bauart wird von der *Daimler-Benz-A.-G.* und in neuerer Zeit auch von der *Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg* verwendet.

Nur erwähnt sei noch, daß auch die Frage der Anwendung des Dieselmotors im Kraftwagen erneuten Fortschritt zu verzeichnen hat. Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, die in der letzten Zeit dazu übergegangen ist, ihren Vierzylinder-Dieselmotor reihenmäßig in Lastwagen und Omnibusse einzubauen, stellte einen Sechszylindermotor von 80—85 PS bei 1400 Umdrehungen in der Minute aus, ferner sind bei den Firmen *Junkers* und *Bosch* Versuche mit Dieselmotoren im Gange, die namentlich mit Bezug auf die Steigerung der Drehzahlen große Hoffnungen erwecken.

Neuere Dampfkesseltechnik. Unter dem Einfluß der zunehmenden Ansprüche der Kraftwerke an die Dampfleistungen, an die Drücke und an die Temperaturen des erzeugten Dampfes für den Betrieb der Kraftmaschinen haben die Dampfkessel in bezug auf Bauart und auf Betrieb Wandlungen erfahren, die man noch vor verhältnismäßig kurzer Zeit für unmöglich gehalten hätte.

Der Dampfkessel, wie man sich ihn früher vorgestellt hat, nämlich ein aus Eisenblech genieteter, in der Hauptsache walzenförmiger Behälter von erheblichem Wasserinhalt, unter dem auf einem Rost die Kohle, so gut es geht, verbrannt wird, ist heute wohl endgültig abgetan. Solche Kessel waren einmal in bezug auf ihre Leistungsfähigkeit und auf den zulässigen Druck sehr beschränkt, dann aber hatten sie gewisse grundsätzliche Fehler in der Wärmeausnutzung, so daß sie nur in besonders günstigen Fällen mehr als 65% der in der Kohle enthaltenen Wärmeenergie in der Form von nutzbarem Dampf hergeben konnten. Von den verlorengehenden 35% dieser Energie konnte man zwar einen gewissen Teil zurückgewinnen, indem man das kalte Speisewasser mittels der abziehenden Rauchgase vorwärmte, aber auch dann ließ sich der Gesamtwirkungsgrad einer Kesselanlage noch nicht wesentlich über 70% steigern.

Die erste grundsätzliche Wandlung, die freilich schon weiter zurückliegt, kam aus der Erkenntnis, daß es bedeutend vorteilhafter ist, nicht die eigentliche Kesseltrommel, deren Wand aus Festigkeitsrücksichten verhältnismäßig dick sein muß und daher dem Übergang der Wärme der Feuergase auf das Kesselwasser einen erheblichen Widerstand entgegensetzt, sondern nur Rohre zu heizen, die bei gleicher Sicherheit gegen inneren Druck viel geringere Wanddicke haben dürfen. Die sog. *Wasserrohrkessel*, die die Folge dieser Erkenntnis waren und die sich nach anfänglichem Widerstand auf allen Gebieten der Dampferzeugung eingeführt haben, kennzeichnen sich aber nicht allein dadurch, daß bei ihnen in der Hauptsache nur mehr unbeheizte Kesseltrommeln verwendet werden, die zum Sammeln und Beruhigen des aus den Rohren aufsteigenden Dampfes dienen, sondern auch durch den betriebstechnischen Vorteil, daß man sie wegen der günstigeren Übertragung der Wärme viel schneller auf den vollen Druck aufheizen kann. Diese Überlegenheit der Wasserrohrkessel in bezug auf Betriebsbereitschaft hat ihre Anwendung auf Kriegsschiffen und später in Elektrizitätswerken beschleunigt, trotzdem sich zu Anfang manche Schwierigkeiten, namentlich schnelles Undichtwerden der Rohre infolge angesetzten Kesselsteins, einstellten.

Mit der allgemeinen Einführung der Wasserrohrkessel für die Erzeugung von Dampf in Elektrizitätswerken beginnt das Wachsen der Abmessungen der Einzelkessel. Während man bei den früheren Walzenkesseln schon 250 qm Heizfläche als einen oberen Grenzwert ansehen mußte, machte es keinerlei Schwierigkeiten, Wasserrohrkessel von 1000 und noch mehr Quadratmeter herzustellen, wenigstens soweit der Kessel selbst in Betracht kam, da man nur die Zahl der beheizten Rohrreihen zu vermehren brauchte. Dagegen kam das Hindernis von einer anderen Seite: es wurde immer schwieriger für die Heizer, die mit der steigenden Dampferzeugung entsprechend zunehmenden Kohlenmengen schnell genug auf die Roste zu bringen und dort so zu verteilen, daß sie schnell genug verbrennen konnten. Man war daher bald gezwungen, den alten festen Rost und die hergebrachte Heizerschaufel abzuschaffen und die Kessel mit sog. *selbsttätigen Feuerungen* zu versehen.

Der gemeinsame Grundgedanke aller selbsttätigen Feuerungen ist, die vorzugsweise unter ihrem Eigengewicht herabfallende Kohle auf einem endlosen Band aufzunehmen, das aus Roststäben zusammengesetzt ist und mittels eines Elektromotors langsam durch den Feuerraum des Kessels bewegt wird. Auf diesem Wege gelangt die Kohle allmählich in immer heißere Zonen des Feuerraumes, so daß sie vorgewärmt und dann entzündet wird. Dann brennt die Kohle auf dem Rost aus, bevor dieser an seine hintere Umleitestelle gelangt, wo die Asche selbsttätig abgeworfen wird. Die Tätigkeit des Heizers beschränkt sich bei solchen Feuerungen nur noch darauf, die Kohlenzufuhr und die Aschenabfuhr im Gange zu erhalten, also gelegentliche Verstopfungen mit dem Schürhaken zu beheben, außerdem aber hat der Heizer entsprechend der wechselnden Dampfentnahme aus dem Kessel die Geschwindigkeit der Rostbewegung und die Speisung des Kessels mit Wasser so zu regeln, daß kein zu starker Druckabfall im Kessel eintritt.

Die Durchbildung der selbsttätigen Kesselfeuerungen auf den heutigen Stand der Vollkommenheit hat lange Jahre erfordert und zahllose neue Konstruktionen hervorgebracht. Eine der wichtigsten Schwierigkeiten bestand darin, daß sich verschiedene Arten von Kohlen auf einer gegebenen Feuerung ganz verschieden verhielten, daß man beispielsweise eine vorhandene Anlage nicht mehr auf die frühere Leistung bringen konnte oder daß unzulässig hohe Verluste durch unvollständiges Ausbrennen der Kohle auftraten, sobald eine verhältnismäßig unbedeutende Änderung in der Sortierung der Kohle eintrat. Ganz überwunden sind diese Schwierigkeiten auch heute noch nicht, obgleich man über ausgedehnte Erfahrungen verfügt, um für gegebene Verhältnisse der Kohlensortierung die am besten geeignete Art der Feuerung auswählen zu können.

Erst die Einführung der *Kohlenstaubfeuerung*, die darauf beruht, daß die Kohle zuerst zu feinem Mehl gemahlen und dann mit einem gewissen Teil der notwendigen Verbrennungsluft in den Feuerraum eingeblasen wird, hat hier jene Unabhängigkeit des Kesselbetriebes von der gelieferten Kohlensorte zustande gebracht, die man bei der Lebensnotwendigkeit der öffentlichen Stromversorgung für unerläßlich halten muß. Daneben hat das Verfeuern der Kohle in Staubform ermöglicht, die kleinstückigen Abfälle zu verwerten, die bei der Sortierung der Kohle durch die Siebe fallen und die man auf den bisherigen Feuerungen nur mit großen Verlusten verbrennen konnte.

In neuerer Zeit hat sich nun, auf Grund von Forschungen, die Dr.-Ing. SCHACK im Auftrage der Wärmestelle des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, durchgeführt hatte, ein allgemeiner Umschwung

in den Anschauungen über die Beziehungen zwischen der Feuerung und dem Dampfkessel vollzogen. Während man bis dahin das Hauptgewicht darauf gelegt hatte, die Kohle im Feuerraum schnell zu verbrennen und die Rauchgase an den einzelnen Teilen des Kessels entlang derart zu führen, daß sie einen möglichst großen Teil ihres Wärmeinhaltes an die Kesselheizfläche im Wege der Berührung abgeben, geht man heute darauf aus, einen möglichst großen Teil der Wärme, die durch die Verbrennung der Kohle im Feuerraum frei wird, sofort *durch Strahlung* auf den Kessel zu übertragen. An die Stelle der früheren Wärmeübertragung durch Berührung setzt man also heute in großem Umfang die Wärmeübertragung durch Strahlung, die, wie die Forschung ergeben hat, mit erheblich geringeren Verlusten verbunden ist.

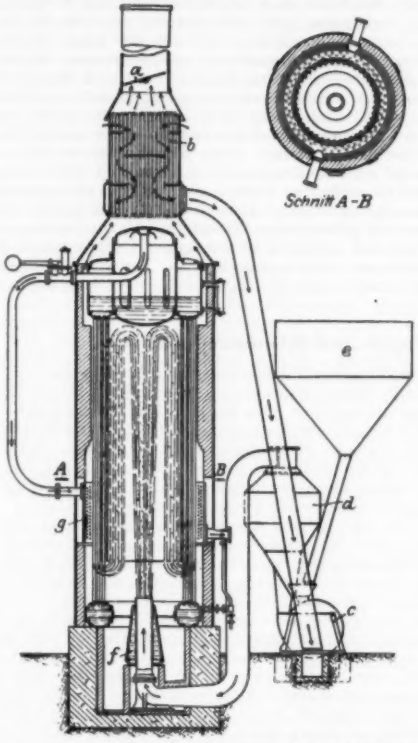

Fig. 1. Senkrechter Schnitt durch den Kohlenstaubkessel von BETTINGTON.
a Rauchklappe; *b* Luftvorwärmer; *c* Kohlenmühle mit Gebläse; *d* Staubabscheider; *e* Kohlentrichter; *f* Wassermantel mit Schlammsammler; *g* Überhitzer.

Die Befolgung dieses Gesetzes setzt voraus, daß statt der Rauchkanäle der Feuerraum den Teil der Kesselfeuerung zu bilden hat, in dem sich der Übergang der Wärme von den Feuergasen auf den Kessel vollzieht. Daher muß die Kohle Gelegenheit erhalten, im Feuerraum soweit wie möglich zu verbrennen, und der Flamme Gelegenheit geboten werden, möglichst große Teile der Heizfläche zu bestrahlen. Aus diesen Erwägungen kam man bei neueren Kesseln durchweg zu *viel größeren Feuerräumen*, als man früher für notwendig gehalten hätte. Das erwies sich namentlich bei den Kesseln mit Kohlenstaubfeuerung als vorteilhaft, weil dann die sehr heiße Flamme nirgends mit der Heizfläche in Berührung kommen konnte und keine geschmolzene Schlacke abgesetzt wurde. Ferner mußte man das sonst gebräuchliche feuerfeste Mauerwerk aus der eigentlichen Feuerkammer möglichst beseitigen, da es den hohen Temperaturen darin nicht gewachsen war.

Es ist sehr bemerkenswert, feststellen zu müssen, daß alle soeben erwähnten Voraussetzungen für die neuzeitliche Brennkammer eines Kessels mit Kohlenstaubfeuerung schon bei dem Kessel von BETTINGTON erfüllt waren, dessen Bauart vor etwa 30 Jahren vorgeschlagen

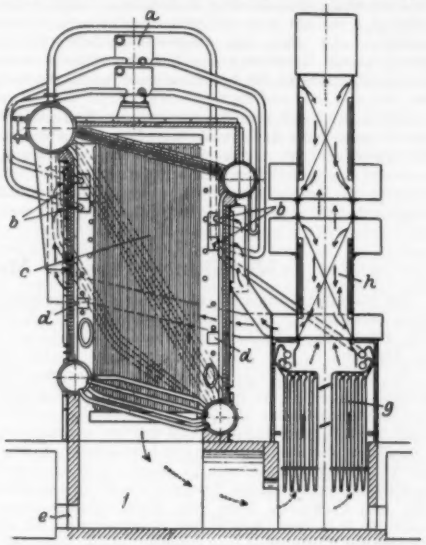

Fig. 2. Senkrechter Schnitt durch den Kohlenstaubkessel von WOOD.
a Verteiler; *b* Kohlenstaubbrenner; *c* Brennkammer; *d* Luftöffnungen; *e* Feuertür; *f* Aschenkammer; *g* Überhitzer; *h* Luftvorwärmer.

wurde, aber keine Anwendung gefunden hatte. Der zylindrische Feuerraum in der Mitte dieses Kessels, der, wie Fig. 1 erkennen läßt, der Flamme eine besonders günstige Entwicklung ermöglicht, ist unter Ausschluß von Mauerwerk nur von mehreren Rohrreihen umgeben, die die Strahlwärme der Flamme aufnehmen. Erst an der Außenseite dieses Rohrbündels wird der Kessel von feuerfestem Mauerwerk umschlossen; hier haben aber die Gase schon eine wesentlich niedrigere Temperatur.

Das einzige, was man vom Standpunkt der heutigen Erkenntnis gegen den Kessel von BETTINGTON einwenden kann, der übrigens heute von einer deutschen Firma weiterentwickelt werden soll, ist, daß es nicht leicht sein dürfte, Kessel dieser Bauart mit sehr großer Dampfleistung herzustellen. Diesen Nachteil vermeidet die neuerdings von W. R. WOOD vorgeschlagene Kesselbauart der *Combustion Engineering Corporation*, die schematisch in Fig. 2 wiedergegeben ist. Der prisma-

tische und im wagerechten Schnitt annähernd quadratische Feuerraum liegt ungefähr in der Mitte des Kesselsystems, das durch die angedeuteten Schnitte durch die vier Kesseltrommeln erkennbar ist. Auf allen Seiten wird der Feuerraum von Rohren eingeschlossen, die an den Kessel so angeschlossen sind, daß in ihnen das Kesselwässer ständig umlaufen und den gebildeten Dampf in die vorhandenen Sammler abgeben kann. Feuerfestes Mauerwerk ist auch bei dieser Feuerkammer so gut wie ganz vermieden. Nur in den senkrechten Kanten des Prismas finden sich gemauerte Stellen, die Lücken zwischen Rohrreihen ausfüllen sollen.

Jede dieser Ecken trägt übereinander zwei Düsen, durch die der Kohlenstaub wagerecht und tangential an einen Zylinder von etwa 1 m Bodendurchmesser eingeblasen wird. Die mit dem Kohlenstaub eingeblasene Luftmenge beträgt nur 10—15% der theoretisch notwendigen; der Rest der Verbrennungsluft wird mit ganz geringem Überdruck durch andere Düsen in den gleichen Eckpfeilern des Feuerraumes eingeführt, nachdem sie auf 400° und darüber vorgewärmt worden ist.

Durch die besondere Anordnung der Kohlenstaubbrenner wird eine Art senkrechter Flammenwirbel im Brennraum erzeugt, der die Verbrennung beschleunigt, da er die Kohlenteilchen mit dem Sauerstoff der Luft schneller in Berührung bringt. Die besonders hohe Flammentemperatur, die dies zur Folge hat, begünstigt ferner die Übertragung eines großen Teiles der Flammenwärme durch Strahlung, was die Bauart eigentlich bezweckt. Die abwärtsströmenden Rauchgase werden hinter dem Kessel in einen Luftvorwärmer geleitet, bevor sie zum Schornstein abziehen. Vor dem Luftvorwärmer bestreichen die Rauchgase noch einen Dampfüberhitzer.

Die beschriebene Kesselbauart ist, was die Größe der Heizfläche und die stündlich verdampfbare Wassermenge anbelangt, sozusagen unbegrenzt und daher insbesondere für neuzeitliche Kraftwerke geeignet, bei denen man namentlich auch eine Verminderung der Bedienungskosten anstrebt. Sie läßt sich ferner leicht so ausbilden, daß sich der ganze Betrieb selbsttätig den Schwankungen der Belastungen anpaßt, so daß die Zufuhr von Wasser, Luft und Brennstoff zum Kessel von einer entfernten Hauptstelle aus überwacht und nach Bedarf eingestellt werden kann. Die Arbeit des früher gewohnten Heizers wird so immer mehr eingeschränkt; immer mehr nähert sich die Kesselanlage einer rein mechanisch bedienten Einrichtung zur Erzeugung von Dampf, dem Ziel der neuzeitlichen Dampftechnik, deren Betrieb und Wirkungsweise von keinerlei persönlichen Einflüssen der Bedienung abhängt und deren Sicherheit gegen Unfälle durch die erzwungene Gleichmäßigkeit der Arbeitsweise einen Höchstwert erreichen kann. A. Heller.

Mitteilungen aus der Meteorologie und Klimatologie.

Die glazialen Antizyklonen als Pole der atmosphärischen Zirkulation. In einem selbständigen Werk mit dem Titel: The glacial anticyclones. The poles of the atmospheric circulation (New York 1926) hat W. H. Hobbs, der Vertreter der Geologie an der Universität Ann Arbor im Staate Michigan die Ergebnisse von Untersuchungen zusammengefaßt, die in ihrer ersten Gestalt 1910 veröffentlicht wurden, seitdem aber unter steter Weiterentwicklung in bestimmtere Formen gebracht werden konnten. In einer weitausholenden Darstellung der einzelnen Etappen dieser Entwicklung wird ein Überblick über die Entwicklung unserer Kenntnis von dem Anteil der Polarregionen an der allgemeinen Luftzirkulation gegeben, wobei man allerdings nicht überall der Kritik der seitherigen Einschätzung und Bewertung der Beobachtungsergebnisse zustimmen kann. So haben z. B. die polaren Ostwinde in Meteorologenkreisen doch mehr Beachtung gefunden als es nach den Ausführungen von Hobbs scheinen könnte.

Der Ausgangspunkt der Theorie von Hobbs von der Wirkung des grönländischen Inlandeises war die von Peary gemachte Beobachtung, daß die Luft im allgemeinen vom höchsten Punkt des Eisschildes dem Abfall der Wölbung entsprechend nach Osten und Westen abströmt. Dieser Wölbung wird eine besondere Bedeutung beigemessen. Die durch Berührung mit der Eisoberfläche erkalteten Luftschichten gleiten dem orographischen Gefälle folgend ab, und aus der Höhe muß Luft zum Ersatz nachsinken, wodurch über dem Inlandeis eine antizyklonale Bewegung unterhalten wird; Tatsachen, die uns bei der Entstehung lokaler Strömungen in Gebirgsgegenden seit langem geläufig sind. Das Wesentliche ist die Übertragung auf die großen Verhältnisse der polaren, hochgelegenen Inlandeisflächen. Außerdem glaubt Hobbs den jetzt bereits Allgemeingut gewordenen Begriff der Polarkalotte kalter Luft dahin präzisieren zu können, daß der Zirkulationspol für die Nordhemisphäre nicht mit dem geographischen Pol zusammenfällt, sondern über Grönland zu suchen ist, was eine Verschiebung um 19 Breitengrade bedeutet. Für die Antarktis, wo das Inlandeis natürlich die gleiche Energiequelle abgibt, will Hobbs eine ähnliche Abweichung nicht annehmen, hält es aber nicht für ausgeschlossen, daß dort zwei Kerne der Antizyklone anzunehmen sind, entsprechend einer doppelten Aufwölbung des Eisschildes.

Die Abweichung des Zirkulationspoles über Grönland vom geographischen Pol mit der Nordwärtsverschiebung der Kalmenzone über dem Stillen Ozean in erklärende Beziehung zu bringen, mag sicher etwas Bestechendes für sich haben. Ein endgültiges Urteil darüber, ob die Grönlandantizyklone wirklich die ihr zugewiesene überragende Rolle gegenüber der über dem übrigen Polargebiet liegenden Kaltluftmasse spielt, wird man doch noch solange zurückstellen müssen, bis eine systematische Überwachung des grönländischen Zirkulationspoles möglich sein wird. Diese Zurückhaltung erscheint besonders im Hinblick auf die von H. v. Ficker gemachten Feststellungen bezüglich der Einbruchstore der Kaltluftwellen in Russisch-Asien geboten. Auch müßte aus den täglichen synoptischen Karten der Luftdruckverteilung erst noch der Nachweis erbracht werden, daß Grönland sich tatsächlich durch ein stationäre Antizyklone auszeichnet oder doch mindestens eine besondere Neigung zur Ausbildung von Antizyklonen aufweist.

Der Stillengürtel (Doldrums) des Atlantik. Der atlantische Stillengürtel, oder wie ihn die englischen Seeleute nach dem altenglischen dold=stupid als die Doldrums bezeichnen, ist verhältnismäßig selten studiert worden. Wir wissen, daß dieser durch starke Bewölkung ausgezeichnete Gürtel sich zwischen den Nordost- und Südostpassat einschiebt und daß er im Laufe des Jahres gewissen Breitenänderungen unterliegt. Daß in diesen Gürtel daneben auch starke Veränderungen von Tag zu Tag vor sich gehen, war wohl aus den Erfahrungen beim Durchkreuzen dieses

Gürtels gelegentlich bekannt geworden, eine systematische Untersuchung darüber bestand aber noch nicht. C. S. DURST hat nun den ersten Schritt in dieser Richtung getan (mit einer in den vom Meteorological Office in London herausgegebenen Geophysical Memoirs unter Nr. 28 veröffentlichten Arbeit, London 1926) Da die Methode der synoptischen Karten hier versagen mußte, wurde die isoplethäre Darstellung benutzt. Sie wurde dadurch ermöglicht, daß bei dem Verlauf der Schiffsrouten zwischen England und Südamerika die Längenänderung innerhalb des Stillengürtels nur gering war und deshalb vernachlässigt werden konnte. Auf diese Weise gelang es für das Jahr 1923 See- und Lufttemperatur, Wind- und Wasserströmung sowie die Richtung und Bewegung der oberen Wolken darzustellen und so die kurzen Veränderungen festzuhalten, die sich im Stillengürtel auf durchschnittlich 25° W zwischen 12° N und 4° S abspielen.

Die am meisten auffallende Erscheinung ist die, daß der Kalmengürtel um eine sich mit den Jahreszeiten verändernde Mittellage hin und her schwankt, wobei er zeitweise bis zu 600 Meilen breit werden, sich aber auch zu einem verschwindend schmalen Streifen zusammenziehen kann. Charakteristisch sind ferner die bemerkenswerten Temperaturänderungen innerhalb von wenigen Tagen, so daß sich warme und kalte Perioden feststellen ließen. Bei ihnen konnte eine bestimmte Beziehung zum Zug der oberen Wolken nachgewiesen werden. Diese ziehen nämlich vor einer warmen Periode stetig aus Nord oder Nordost heran, während beim Temperaturfall sich die Bewegungsrichtung ändert und die Wolken aus dem Quadranten Osten bis Süd kommen. Bei kalten Perioden sind diese Strömungsrichtungen zwar nicht so entschieden ausgedrückt, im großen und ganzen sind sie aber doch umgekehrt wie bei den warmen Perioden. Der mittlere jährliche Gang der klimatischen Faktoren für die Stillenzone wird nach einem älteren Material gleichfalls mit Hilfe von Isoplethendarstellungen für die Temperatur des trockenen und feuchten Thermometers, für Luftdruck, Wassertemperatur, Bewölkung, Niederschlagshäufigkeit, Dampfdruck und relative Feuchtigkeit gegeben. Am eindrucksvollsten tritt dabei der Kalmengürtel bezüglich der Bewölkung und der Niederschlagswahrscheinlichkeit hervor. Aus dem gleichen Material werden auch deutliche Beziehungen zwischen Temperatur, Regenfall und Feuchtigkeit abgeleitet. Bei hoher Temperatur ist der Regen selten, bei tiefer dagegen sehr häufig. Gleichzeitig steigt die relative Feuchtigkeit sehr beträchtlich mit dem Niederschlag an. Weiter wird gezeigt, daß die niedrige Temperatur im Kalmengürtel, die nach des Verfassers Ansicht wegen der stärkeren Niederschläge auch mit stärkerer Konvektion verbunden sein muß, von einem starken Passatwinde begleitet ist.

Einige Beobachtungen, die klar zeigen, daß die absolute Feuchtigkeit im Passat stieg, bevor der Stillengürtel sich nach der Stelle erhöhter Feuchtigkeit verlagerte, veranlassen den Verfasser die bekannte Theorie der Passate abzulehnen, die von der Ausdehnung der Luft mit höherer Temperatur über dem Stillengürtel ausgeht. Demgegenüber wird angenommen, daß die Wärmeenergie der Sonne durch Verdunstung in der Passatströmung aufgespeichert wird, und daß diese Energie durch Konvektion, die entweder dynamisch oder thermisch ausgelöst sein kann, in der Kalmenzone wieder frei wird. Die Tatsache, daß bei Zunahme der absoluten Feuchtigkeit im Nordostpassat sich der Stillengürtel nordwärts verlagert, ist danach damit zu erklären, daß dann der gleiche Feuchtigkeitszustand in einem früheren Moment als bei einer trockeneren Passatströmung erreicht wird. Die Verlagerung des Stillengürtels im Jahresverlauf auf Grund der schon erwähnten isoplethären Darstellung scheint auch diese Ansicht zu stützen. Der Doldrumgürtel fällt nämlich durchaus nicht mit der Stelle der höchsten Temperatur zusammen. Besser stimmt seine Lage mit der des Druckminimums überein, doch am auffallendsten ist die Übereinstimmung mit den Dampfdruck und der relativen Feuchtigkeit. Die Erklärung wird in folgendem gesucht: Wenn zwei Luftmassen von etwa der gleichen Temperatur, aber verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt aufeinander stoßen, so wird die feuchtere Strömung das Bestreben haben, sich über die trockenere zu schieben, und der Schnittpunkt der die beiden Luftkörper trennenden Grenzfläche mit der Meeresoberfläche wird sich in dieser Weise in Richtung der feuchteren Strömung so weit zurückverlegen, bis der Feuchtigkeitsgehalt der trockenen Strömung sich dem der feuchteren Strömung durch Aufnahme von Wasserdampf genähert hat.

Wenn nun die Theorie richtig ist, daß die Konvektion in den Doldrums ein wichtiger Faktor in der atmosphärischen Zirkulation ist, so muß die Menge des Regenfalles in den Kalmen der unmittelbare Ausdruck sein für die Energie, die durch die Umwandlung des Wasserdampfes frei wird, und muß in Beziehung zu den Kräften stehen, die die allgemeine Zirkulation beherrschen. Um einen Überblick über die im Stillengürtel niedergehende Regenmenge zu gewinnen, wird aus verschiedenen Schiffsbeobachtungen eine mittlere Regenmenge von 17 mm am Tag berechnet und für das ganze Gebiet eine Sekundenmenge von $1{,}1 \times 10^{13}$ ccm angenommen. Daraus folgt eine freigewordene Wärmemenge von $2{,}3 \times 10^{22}$ Erg. Andererseits soll nach BRUNT die durch die Turbulenz verbrauchte Wärmemenge der Größenordnung nach $2{,}5 \times 10^{22}$ Erg. in der Sekunde betragen, die wiederum durch eine energieerzeugende Kraft im äquatorialen Gürtel ersetzt werden muß, damit die Zirkulation in der Erdatmosphäre überhaupt unterhalten wird. Die Entscheidung, ob die Übereinstimmung der beiden Schätzungsergebnisse zufällig ist oder wirkliche Bedeutung besitzt, wird aber noch offen gelassen.

Stabilität und Instabilität der untersten Luftschichten über dem Ozean auf Grund der Feuchtigkeitsregistrierung. In einem Aufsatz betitelt: Polar- und Tropikluft nach Registrierungen der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit auf dem Atlantischen Ozean (Meteorol. Zeitschr. 1925, S. 297—302) konnte Referent an Registrierungen aus dem Beobachtungsmaterial der letzten deutschen Antarktischen Expedition 1911/12 zeigen, wie sich Polarluftvorstöße gegenüber den aus niederen Breiten abströmenden Tropikluftmassen in den Registrierungen, vor allem bezüglich der Feuchtigkeit, deutlich abheben. Polarluft, die nach Süden zu vordringt und durch wärmere Wassermassen von unten her angeheizt wird, zeichnet sich neben geringerem Feuchtigkeitsgehalt durch ausgesprochene Instabilität aus. Sie äußert sich in unruhigem, zackigem Verlauf der Kurven, der besonders beim Hygrographen, in günstigem Falle aber auch beim Thermographen in Erscheinung tritt. Die Tropikluft mit ihrem Temperaturgefälle von der Luft zum Wasser hat demgegenüber infolge ihrer Stabilität in den untersten Schichten eine fast ganz gleichmäßig hohe Temperatur und Feuchtigkeit, die sich tagelang nicht ändert, wenn sich das Schiff in einem Tropikluftkörper befindet.

Eine bemerkenswerte Ergänzung zu diesen Ergebnissen hat neuerdings J. REGER aus den Auf-

zeichnungen der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Vermessungsschiff „Meteor" beibringen können (Meteorol. Zeitschr. 1926, S. 296—299). Die aus der Dynamik des Vorgangs zu erwartenden Ausnahmen bei *abnormen* Wasserströmungen ließen sich durch einige Beispiele aus dem Gebiet des Zusammentreffens des kalten Falklandstromes und des warmen Brasilstromes an der Ostküste Südamerikas unter rund 40° S Br. belegen. Tropikluft nahm danach über dem Brasilstrom mit seinem Temperaturüberschuß gegenüber der Luft vollkommen die Merkmale instabiler Schichtung, und andererseits erschien Polarluft über dem Falklandstrom in den untersten Schichten durchaus stabil.

Niederschläge von langer Dauer und weiter Verbreitung in Norddeutschland. Die neueren Anschauungen in der Meteorologie bringen die Niederschläge mit den Vertikalbewegungen an den Grenzflächen zweier verschiedener Luftkörper in Verbindung, wodurch die Länge der meist schmalen Niederschlagsgebiete sich gut erklären läßt. Ob die langandauernden, weitverbreiteten Niederschläge, die zuweilen beobachtet werden, sich in das Schema der „Niederschlagsfronten" einordnen lassen, war nicht von vornherein anzunehmen. Für Norddeutschland ist diese Frage durch J. Hoffmeister jetzt bis zu einem gewissen Grade durch eine in den Abh. d. Preuß. Meteorol. Inst. 8, Nr. 7 veröffentlichte Untersuchung geklärt worden.

Aus den Jahren 1905—13 standen 23 weitverbreitete Niederschläge zur Verfügung. Eingehende Darstellungen der horizontalen Temperaturverteilung im Verein mit Temperaturregistrierungen zahlreicher Stationen gestatteten es, dem Vorhandensein etwaiger Fronten nachzuspüren.

In der überwiegenden Zahl der betrachteten Fälle — nämlich bei 15 — ließ sich die Beziehung der Niederschläge zu warmen Fronten klar nachweisen, die im wesentlichen an westöstlich fortschreitende Depressionen gebunden waren. Während in Westdeutschland die einzelnen im allgemeinen meridional und parallel verlaufenden Fronten noch weit auseinanderliegen und auch die Regengebiete noch getrennt sind, kommt es nach Osten zu infolge einer Stauung von Luftmassen zu einem immer stärkeren Zusammendrängen der Fronten, deren einzelne Niederschlagsstreifen sich schließlich zu einem ausgedehnten, geschlossenen Regengebiet vereinigen.

Eine zweite, allerdings sehr seltene Klasse von langdauernden Niederschlägen ließ sich mit einer Front in westöstlicher Richtung zusammenbringen. In dem näher untersuchten Fall war sie dadurch entstanden, daß sich zwei Fronten gegeneinander bewegt hatten. Die lange Dauer der Niederschläge ist bei diesem Typus durch die langsame Bewegung der Front, die bis zum Stillstand herabsinken kann, und durch Störungen, die sich längs der Front von Westen nach Osten hinziehen, verursacht.

Die dritte Klasse der untersuchten Niederschläge war im wesentlichen an eine Druckverteilung geknüpft, wie sie bei Depressionen entsteht, die auf der sog. Zugstraße Vb von Oberitalien aus zunächst in östlicher, dann nördlicher Richtung ziehen. Eigentliche Fronten waren hier in dem benutzten Beobachtungsmaterial nicht zu erkennen, was Diskontinuitätsflächen in größeren Höhen natürlich nicht ausschließt. Es ist anzunehmen, daß gegeneinanderfließende Luftmassen angenähert gleicher Temperatur beim Zusammentreffen aufgestaut und gehoben werden und so die Niederschläge verursachen.

Die Verwertung der gefundenen Erkenntnisse für die Prognose der langdauernden Niederschläge wird gleichfalls vom Verfasser erörtert, doch bestehen hierfür nur geringe Aussichten.

Die Temperaturverhältnisse der Türkei. Im Rahmen der von L. Weickmann, dem Organisator des türkischen Heereswetterdienstes während des Weltkrieges, besorgten Herausgabe der Ergebnisse dreijähriger Beobachtungen 1915—18, ist nunmehr die von P. Zistler durchgeführte Bearbeitung der Temperaturverhältnisse erschienen (L. Weickmann, Zum Klima der Türkei. 2. Heft. Leipzig 1926).

Es ist sehr erfreulich, daß sich der Autor nicht auf das Gebiet der Türkei beschränkt, sondern da, wo es nötig ist, das ganze Mittelmeergebiet berücksichtigt. Nach einem Nachweis über das benutzte Material werden die Isothermenkarten für das Jahr und die extremen Jahreszeiten besprochen, und anschließend wird eine Einteilung der gesamten Türkei in Klimagebiete auf Grund der Köppenschen Klimaklassifikation vorgenommen. Allerdings hält sich die spätere Schilderung der einzelnen Klimazonen, die den Hauptteil der Arbeit ausmacht, mehr an geographische Gesichtspunkte und gliedert den Stoff in folgende Abschnitte: Ägäisches Meer und Westküste Kleinasiens, Südküste Kleinasiens und Zypern, Syrien, Palästina und Ghor als die Gebiete des eigentlichen Mittelmeerklimas; Kleinasiatische Hochebene und Mesopotamien mit ausgesprochenem Steppenklima; Nordküste Kleinasiens und Bosporus sowie europäische Türkei als Übergangsklimate. Auf das Aperiodische im Klima wird dabei stets Rücksicht genommen. Treffende Beispiele der Anomalien im täglichen Temperaturgang, wie sie durch Land- und Seewinde verursacht werden, oder auch Fälle der größeren Störungen durch Hitze- und Kältewellen sind unter Beifügung charakteristischer Registrierungen eingehend erörtert. Höhenbeobachtungsmaterial wird gleichfalls dort herangezogen, wo es zum Verständnis der Vorgänge nötig ist. Besonders bemerkenswert sind die Reiseberichte aus dem Pontischen Randgebirge (Strecke Angora-Sinope) und aus dem südlichen Randgebirge von Kleinasien.

Der Schirokko. Der im vorstehenden besprochenen Darstellung der Temperaturverhältnisse der Türkei hat P. Zistler eine Monographie des Schirokko angefügt, der gerade in Palästina und Syrien häufig zu guter Ausbildung kommt. Ursprung und Begleiterscheinungen einiger typischer Einzelfälle wird nachgegangen. Die Ursache des Schirokkos sind Depressionen, die am Rande der Wüste vorbeiziehen und Winde aus dem Innern der Wüste zur Folge haben. Mit der Verlagerung der Depression wandert auch der Schirokko in Form einer Wärmewelle im Mittelmeergebiet meist von Westen nach Osten. Die hohen Temperaturen in den Randgebieten können sowohl im Sommer wie im Winter durch die im Inneren der Wüste vorhandene Temperaturverteilung und durch horizontalen Lufttransport erklärt werden. Ein Herabstürzen der Luft aus der freien Atmosphäre oder Föhnwirkung braucht man nicht anzunehmen. Die hohe Temperatur in der Wüste ist wahrscheinlich auf absteigende Bewegung innerhalb der Troposphäre bei warmen, hohen Antizyklonen zurückzuführen. Der hohe Sandgehalt ist eine Folge des Auftretens größerer horizontaler Geschwindigkeiten über den Sandwüsten. Die eigentlichen Sandstürme entstehen wahrscheinlich durch gewaltsamen Umsturz von in labilem Gleichgewichtszustand befindlichen Luftmassen. Nachts erlischt der Schirokko nur selten. Mit der Höhe zeigt die Atmosphäre bei Schirokko eine dreifache Schichtung: Unten am Boden bis zu 700—900 m die eigentliche Schirokkoströmung aus

Ost, dann eine in der Höhenlage schwankende Zwischenschicht und darüber von etwa $2^1/_2$ km an die Oberströmung vom Meere her (W und NW). Das Ende des Schirokkos wird durch den Hereinbruch kälterer feuchter Luftmassen vom Meere her herbeigeführt. Heftige Gewitter mit teilweise schweren Unwetterschäden sind oft damit verbunden. Für die Vegetation wird der Schirokko besonders in der Blütezeit verderblich.

Admiral Sir Francis Beauforts Wind- und Wetterskalen. Beauforts Skala zur Schätzung der Windstärke ist jedem, der einmal meteorologische Beobachtungen angestellt hat, geläufig. Aus diesem Grunde können auch die Ausführungen von L. G. Garbett im Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 1926, S. 161—172 der Beachtung eines größeren Kreises sicher sein. Neben einigen kurzen biographischen Mitteilungen wird hier auf Grund eines sehr sorgfältigen Studiums der Originalbeobachtungstagebücher die Entwicklung der beiden Skalen von ihren Anfängen bis zu den heute noch gebräuchlichen Formen gegeben.

Beaufort wurde 1774 in Collon in Irland geboren und trat bereits 1787 in die Flotte ein. Im Jahre 1805 erhielt er das Kommando von H. M. S. Woolwich, und auf ausgedehnten Reisen, die er mit diesem Schiffe in den folgenden drei Jahren ausführte, entstanden seine Wind- und Wetterskalen. Nach einer schweren Verwundung, die er gelegentlich einer kriegerischen Aktion in Syrien 1812 erlitt und die ihn zum eigentlichen Flottendienst ungeeignet machte, wandte er sich mehr wissenschaftlichen Studien zu. Im Jahre 1829 wurde er zum Hydrograph der Flotte ernannt, welches wichtige Amt er 26 Jahre lang verwaltete. Beaufort starb im Jahre 1857 im Alter von 83 Jahren.

Sowohl Windstärke- als auch Wetterskala werden zum erstenmal 1806 in einem privaten Logbuch erwähnt und scheinen auch bis zum Jahre 1838 weder in den offiziellen Logbüchern der von Beaufort geführten Schiffe noch von irgendeiner anderen Stelle benutzt worden zu sein. Erst durch ein Memorandum der Admiralität vom 28. Dezember 1838 wurden sie amtlich in der Marine eingeführt.

Die älteste Windstärkeskala von 1806 unterschied neben der Kalme noch 13 Windstärken, aber bereits im Jahre 1807 wurde diese Zahl durch Zusammenziehen der ursprünglichen Stärken 1 und 2 auf 12 vermindert. Zur Erläuterung der einzelnen Windstärkebezeichnungen hatte Beaufort kurze Angaben über die Geschwindigkeit des Schiffes und über die Segelführung beigefügt. Entsprechend den Veränderungen im Schiffsbau mußten diese Angaben mehrfach geändert werden, bis sie dann schließlich nach Einführung der Dampfschiffe ihre Bedeutung verloren und durch andere Erläuterungen ersetzt werden mußten.

In der Wetterskala, die allerdings nicht so eine allgemeine Verbreitung gefunden hat, wollte Beaufort durch einen oder zwei Buchstaben die augenblickliche herrschende Witterung erfassen. Diese Skala hat schon durch Beaufort selbst wesentliche Änderungen erfahren. Die 29 Stufen der ersten Form aus dem Jahre 1806 schrumpften auf 17 im Jahre 1838 zusammen. Der Verf. hat in einer Tafel die einzelnen Stufen dieser Entwicklung übersichtlich zusammengestellt und sie durch Beifügung der vom Meteorological Office 1925 und 1926 gegebenen Erklärung der Symbole bis zur neuesten Zeit durchgeführt. K. Knoch.

Physikalische Mitteilungen.

Über die spektroskopische Bestimmung der Dissoziationsarbeit einiger zweiatomiger Moleküle. Vor kurzem ist in dieser Zeitschr. (**14**, 966. 1926) über die Bestimmung der Dissoziationsarbeit des Wasserstoffmoleküls aus einem von Lyman gefundenen und von Witmer gedeuteten, extrem ultravioletten Bandenspektrum berichtet worden. Am Schluß dieses Referates wurde erwähnt, daß das dort geschilderte Verfahren auch bei anderen Molekülen zu bedeutsamen Erfolgen geführt hat. Inzwischen sind die diesbezüglichen Originalarbeiten von H. Kuhn (Zeitschr. f. Phys. **39**, 77. 1926) und besonders von R. T. Birge und H. Sponer (Phys. Rev. **28**, 259. 1926) erschienen und bei der Wichtigkeit der erzielten Resultate scheint es berechtigt, auf diese Arbeiten ausführlicher einzugehen.

Das Prinzip der Bestimmung der Dissoziationsarbeit eines Moleküls aus der maximalen Schwingungsenergie, die ein Molekül aufnehmen kann, bleibt auch bei diesen Arbeiten dasselbe. Kennt man wie bei H_2 diese maximale Energie für den Normalzustand des Moleküls, so kann man dieselbe direkt mit der Dissoziationsarbeit des Moleküls identifizieren unter der berechtigten Annahme, daß als Endprodukt der Dissoziation zwei unangeregte Atome entstehen. Häufig sind aber die Energiestufen wachsender Schwingungsquanten für den *Normal*zustand nicht bekannt, sondern nur für einen *angeregten* Zustand des Moleküls. Dieser Fall liegt z. B. bei den Halogenen vor, bei denen nur das Absorptionsbandenspektrum des Moleküls bekannt und analysiert ist. Die Absorptionsbanden bestehen aus Bandengruppen, deren Abstände (umgekehrt wie bei dem Witmerschen H_2-Spektrum) nach kurzen Wellenlängen näher aneinanderrücken und eine Konvergenzstelle zeigen, an die sich im allgemeinen ein kontinuierliches Spektrum anschließt. Die Deutung dieser Banden ist durch Fig. 1 gegeben.

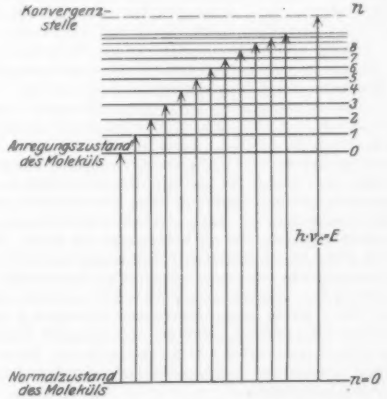

Fig. 1. Schema der Energiestufen zur Deutung des Absorptionsbandenspektrums eines Moleküls. Den Nullinien der Absorptionsbanden entsprechen die durch die vertikalen Linien der Figur bezeichneten Übergänge vom Normalzustand zu Anregungszuständen, die mit wachsender Zahl n der Schwingungsquanten gegen die gestrichelte Linie konvergieren.

Der langwelligsten Bande entspricht der Übergang des Moleküls aus dem schwingungslosen Normalzustand in einen ebenfalls schwingungslosen angeregten Zustand, bei dem ein Elektron des Moleküls sich auf einer anderen Quantenbahn befindet (reiner Elektronensprung). Die kurzwelligeren Banden entsprechen Übergängen, bei denen das Molekül im Endzustand der Absorption außer der Energie des Elektronensprunges auch Schwingungsenergie aufgenommen hat. Die Energiestufen mit wachsender Zahl der Schwingungsquanten konvergieren gegen eine Grenze (gestrichelte Linie der Figur), deren Abstand E vom Grundniveau gleich $h\nu_c$ ist, wobei ν_c die Frequenz der Konvergenzstelle der Absorptionsbande bedeutet. Dem Zustand im Grenzniveau entspricht wieder analog zum Falle bei H_2 Dissoziation des Moleküls; die dabei vom Molekül insgesamt aufgenommene Energie E ist nun aber nicht gleich der Dissoziationsarbeit D, sondern größer, da man annehmen muß, daß entsprechend dem Elektronensprung des Moleküls bei der Dissoziation nicht zwei normale unangeregte Atome entstehen, sondern daß mindestens eines angeregt ist. Bezeichnet man die noch in den Atomen nach der Dissoziation steckende Anregungsenergie mit A, so ist

$$E = h \cdot \nu_c = D + A.$$

Kennt man also A, so kann man D aus dieser Beziehung berechnen. Für die Halogene nimmt man an, daß eines der Atome nach der Dissoziation angeregt ist. Die Größe von A ist aus den Atomspektren bekannt, und damit ist die Möglichkeit zur Berechnung von D gegeben. Das Resultat für ClBr und J ist von H. KUHN in dieser Zeitschr. (14, 600. 1926) bereits mitgeteilt worden und ist, wie dort gezeigt ist, in erfreulicher Übereinstimmung mit den auf thermochemischem Wege bestimmten Daten.

Von den Molekülen O_2, N_2, CO und NO, die von BIRGE und SPONER untersucht worden sind, liegen die Verhältnisse am günstigsten bei O_2. Hier ist von HOPFIELD und LEIFSON ein schon von SCHUMANN gefundenes, im Ultraviolett liegendes Absorptionsbandensystem mit anschließendem kontinuierlichem Spektrum *wesentlich* vervollständigt worden, das von SPONER und BIRGE genau so gedeutet wird wie die soeben besprochenen Halogenabsorptionsbanden. Die Frequenz der Konvergenzstelle läßt sich fast ohne Extrapolation mit großer Genauigkeit festlegen, und es ergibt sich $E = 7{,}05 \pm 0{,}01$ Volt. Um aus $E = D + A$ D berechnen zu können, müssen wir A kennen. Als Anregungsstufen des O-Atomes nach der Dissoziation kommen nur zwei in Frage mit den sehr kleinen Anregungsenergien 0,01 und 0,02 Volt. Nun läßt sich zwar nicht entscheiden, ob nach der Dissoziation nur ein Atom angeregt ist, oder ob beide angeregt sind. Da A aber so klein ist, so beeinflußt das die Genauigkeit der Bestimmung nur unwesentlich und es ergibt sich als Mittelwert $D = 7{,}02 \pm 0{,}05$ Volt = 162 000 cal. Auch dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit einer allerdings viel weniger sicheren und genauen Berechnung von D durch BORN und GERLACH aus der langwelligen Grenze der photochemischen Erzeugung von Ozon aus Sauerstoff.

Diese Bestimmung von D wird nun gestützt durch ähnliche Berechnungen, die sich unter Heranziehung und Einordnung weiterer beim O_2 bekannter Bandensysteme durchführen lassen. Fig. 2 gibt ein Schema der bisher beim O_2 bekannten Energiestufen. Das tiefste Niveau X entspricht dem Normalzustand, das Niveau B mit den darüberliegenden Stufen wachsender Schwingungsquanten entspricht dem Endzustand der SCHUMANNschen Absorptionsbanden, aus denen der obige Wert von D berechnet ist. Fig. 2 zeigt, daß aber auch über dem Normalzustand eine Folge von Stufen mit wachsendem Schwingungsquant bekannt ist. Auch aus dieser Folge läßt sich (nun in völliger Analogie zum H_2) direkt die Dissoziationsarbeit bestimmen. Die Grenze der Folge (in Fig. 2 stets eingezeichnet als die gestrichelte Linie über der Stufenfolge) ist in diesem Falle, wie man sieht, nur durch

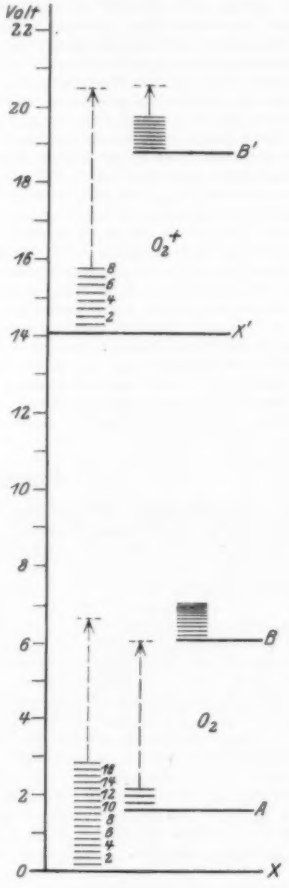

Fig. 2. Schema der bisher bekannten Energiestufen des O_2- und O_2^+-Moleküls.

eine ziemlich starke Extrapolation der beobachteten Werte zu gewinnen. Infolgedessen ist keine große Genauigkeit zu erwarten, es ergibt sich $D = 6{,}65$ Volt, also sicher ein zu kleiner Wert. Bei dem Niveau A, dem Endzustand der bekannten roten Absorptionsbanden des O_2, die auch in der Atmosphäre stark auftreten, sind nur 3 Stufen über dem schwingungslosen Zustand bekannt, so daß eine Extrapolation zur Konvergenzgrenze zu unsicher ist. Weiterhin zeigt Fig. 2

noch die beiden Stufen X' und B'. X' entspricht dem Ionisationszustande des O_2-Moleküls. Die über X' und B' eingetragenen Energiestufen sind ermittelt aus der Analyse der sog. 1. negativen Bandengruppe. Aus der Konvergenzgrenze der über X' liegenden Stufen ergibt sich bei allerdings nicht unwesentlicher Extrapolation $D' = 6{,}46$ Volt, aus den über B' liegenden Stufen $D' = 6{,}49$ Volt (abgerundet $D' = 6{,}5$ Volt $= 150\,000$ cal.) als Wert der Dissoziationsarbeit des O_2^+-Ions, wobei angenommen ist, daß als Endprodukt der Dissoziation des O^+_2-Ions ein unangeregtes O-Atom und ein unangeregtes O^+-Ion entsteht. Die gesamte zur Ionisation des Moleküls mit nachfolgender Dissoziation erforderliche Energie ist $E = J_m + D'$, wo J_m die Ionisationsarbeit des Moleküls bedeutet. Denkt man sich das Molekül zuerst dissoziiert und dann ein Atom ionisiert, so muß dieselbe Energie aufgewandt werden. Es ist also auch $E = D + J_A$, wo $J_A = 13{,}56$ Volt die Ionisationsarbeit des O-Atoms bedeutet, die aus dem Atomspektrum bekannt ist. Aus $J_m + D' = D + J_A$ läßt sich nun J_m berechnen und man erhält $J_m = 14{,}1$ Volt, ein Wert, der, wie die Verff. zeigen, wahrscheinlich ein wenig zu groß ist. Hogness und Lunn bestimmten aus Elektronenstoßversuchen J_m zu 13 ± 1 Volt.

Nachdem wir bei O_2 das Verfahren zur Bestimmung der Dissoziationsarbeiten ausführlich besprochen haben, können wir uns bei den anderen Molekülen kürzer fassen. Bei N_2 ist das Stufensystem über dem Normalzustand bisher nicht bekannt. Aber aus höher liegenden Energiestufenfolgen läßt sich D bestimmen, und es ergibt sich $D = 11{,}9$ Volt $= 274\,000$ cal, während Sponer früher (H. Sponer, Zeitschr. f. Phys. **34**, 622. 1925) aus Überlegungen über die Natur des aktiven Stickstoffes D zu 11,4 Volt bestimmt hat. Weiter ergibt sich aus den Bandenspektren $D' = 9{,}1$ Volt $= 210\,000$ cal. Da auch J_m aus Elektronenstoßversuchen von H. Sponer bekannt ist, kann aus der Beziehung $J_m + D' = D + J_A$ in diesem Falle J_A berechnet werden. Es ergibt sich $J_A = 14{,}2$ Volt, während Hopfield (Phys. Rev. **27**, 801. 1926) J_A zu 14,49 Volt bestimmt hat.

Für CO ergibt sich D zu 11,2 Volt $= 258\,000$ cal. Auf thermochemischem Wege läßt sich D aus Prozessen mit bekannter Energiebilanz berechnen, und man erhält $D = 10{,}8$ Volt $= 248\,445$ cal. Die Übereinstimmung muß als genügend bezeichnet werden. Weiter ergibt sich $D' = 9{,}8$ Volt $= 226\,000$ cal, und da $J_m = 14{,}2$ Volt bekannt ist, läßt sich aus $J_m + D' = D + J_A$ jetzt J_A berechnen. Man erhält $J_A = 13{,}2$ Volt, was genügend genau mit der Ionisierungsarbeit des O-Atoms übereinstimmt, so daß man annehmen kann, daß die Dissoziation von CO^+ in C und O^+ erfolgt.

Schließlich ergibt sich für NO der Wert $D = 7{,}9$ Volt $= 182\,000$ cal. Hier eröffnet sich wieder eine interessante Prüfung dieses Resultates und der neu bestimmten Werte für die Dissoziationsarbeiten von N_2 und O_2. Für die Bildung von NO aus N_2 und O_2 gilt bekanntlich

$$2\,NO = N_2 + O_2 + 43\,140 \text{ cal}.$$

Es ist nun

$$N_2 = 2\,N - 263\,000 \text{ cal}$$
$$O_2 = 2\,O - 161\,950 \text{ cal}$$

also

$$2\,NO = 2\,N + 2\,O - 381\,800 \text{ cal}$$
$$NO = N + O - 190\,900 \text{ cal}$$

Das entspricht in Volt dem Wert $D = 8{,}3$ und diese Abweichung um nur 0,4 Volt von 7,9 Volt zeigt, daß die Fehler in der Bestimmung der einzelnen Dissoziation wärmen nicht groß sein können.

Zum Schluß werden von Sponer und Birge allgemeine Betrachtungen angestellt über die Möglichkeit einer adiabatischen Dissoziation eines Moleküls durch Lichtabsorption und es wird die Erklärung zu geben versucht für gewisse Erscheinungen, die Hogness und Lunn bei ihren Untersuchungen über die Bildung von O^+- und N^+-Ionen durch Elektronenstoß gefunden haben. Diese Betrachtungen sowie auch viele interessante Einzelheiten, deren Erörterung über den Rahmen dieses Referates hinausgeht, müssen in der Originalarbeit eingesehen werden.

Wir geben schließlich noch eine Zusammenstellung der Werte der von Birge und Sponer bestimmten Dissoziationsarbeiten.

Molekül	Dissoziationsarbeit
O_2	7,02 Volt = 162 000 cal
O^+_2	6,5 Volt = 150 000 cal
N_2	11,9 Volt = 274 000 cal
N^+_2	9,1 Volt = 210 000 cal
CO	11,2 Volt = 258 000 cal
CO^+	9,8 Volt = 226 000 cal
NO	7,9 Volt = 182 000 cal.

Über das Absorptionsspektrum des Wasserstoffmoleküls. In dem vorhergehenden Referat und in einem früheren (Naturwissenschaften **14**, 966) ist über die spektroskopische Bestimmung der Dissoziationsarbeiten zweiatomiger Gase berichtet worden. Das erste dieser Referate bezog sich auf eine Arbeit von E. Witmer, die das Wasserstoffmolekül betrifft. Inzwischen ist eine ausführliche Publikation desselben Verf. (Phys. Rev. **28**, 1223. 1926) über denselben Gegenstand erschienen, in der insbesondere die genauen Wellenlängen und Frequenzen der Bandenlinien angegeben werden, die zur Berechnung der Dissoziationsarbeit dienen. Zum Schluß dieser Arbeit werden auch einige neue von Lyman in Emission gefundene Banden mitgeteilt, die ähnliche Gesetzmäßigkeiten zeigen wie die zuerst genannten Banden. Diese neuen Banden erfahren ihre vollständige Deutung in einer interessanten Arbeit von G. H. Dieke und J. J. Hopfield (Zeitschr. f. Phys. **40**, 299. 1926), die das Absorptionsspektrum des H_2-Moleküls experimentell untersucht und auf Grund der Bandentheorie analysiert und gedeutet haben. Es ergibt sich, daß sowohl die früher wie die neuerdings von Witmer angegebenen Banden sich in ein einheitliches Niveauschema einordnen lassen.

Die Schwierigkeit, das Absorptionsspektrum des H_2-Moleküls zu untersuchen, besteht darin, daß die Absorptionsbanden im extremen Schumann-Ultraviolett zwischen 1100 und 800 ÅE liegen. Es läßt sich das Gas also nicht mehr in einem mit Fenstern abgeschlossenen Rohre unterbringen, da alle festen Materialien (auch Flußspat, der bis etwa 1200 ÅE durchlässig ist) das ganze Spektrum wegabsorbieren würden. Als Absorptionsgefäß dient deshalb der Vakuumspektrograph selbst, der mit Wasserstoff von verschiedenem Druck gefüllt wird. Als Lichtquelle, die auch in diesem extremen Ultraviolett ein kontinuierliches Spektrum gibt, auf dem sich das Absorptionsspektrum abzeichnen kann, diente nach den Angaben von Lyman eine Capillare, durch die eine stark kondensierte Entladung geschickt wurde.

Mit Hilfe dieser Anordnung finden nun die Verf. eine Reihe von Banden, die um so stärker werden, je höher der Druck des Wasserstoffes im Spektrographen ist. Diese Banden rücken in wachsender Frequenz näher aneinander heran und gehen bei der Wellenlänge $\lambda = 850$ ÅE in ein kontinuierliches Absorptionsspektrum über, das sich noch weiter nach

kurzen Wellen ausdehnt. Den Verff. ist es nun gelungen, die Gesetzmäßigkeiten, von denen diese Bandengruppen beherrscht sind, herauszufinden. Die Deutung ist ganz analog, wie bei anderen zweiatomigen Molekülen, insbesondere so, wie wir sie in dem zweiten der eingangs genannten Referate für die Halogene und O_2 besprochen haben. Wir können uns deshalb bei Erläuterung an Hand der Fig. 1 kurz fassen. In dieser sind 3 Niveaugruppen A, B und C gezeichnet, die je einer Folge von Energieniveaus mit wachsenden Schwingungsquanten entsprechen. Das Absorptionsspektrum des H_2 zerfällt nun in zwei Teile, von denen der eine einem Übergang von der tiefsten Stufe der Stufenfolge A nach B, der andere einem Übergang von A nach C entspricht. Die beiden Stufenfolgen B und C konvergieren gegen dieselbe Grenze, die durch die gestrichelte horizontale Linie angedeutet ist. Der Übergang von der tiefsten Stufe der Stufenfolge A

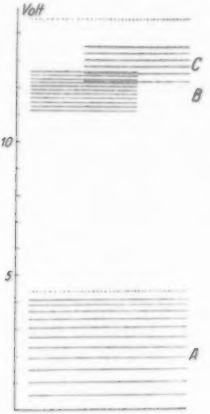

Fig. 1. Niveauschema des H_2-Moleküls. Die Figur zeigt die bisher bekannten Energieniveaus des H_2-Moleküls. Das tiefste Niveau der Stufenfolge A entspricht dem Normalzustande des Moleküls. Die darüberliegenden Stufen entsprechen Zuständen mit wachsenden Schwingungsquanten. Die Absorptionslinien entsprechen Übergängen von der tiefsten Stufe von A nach den Stufenfolgen B und C. Diese konvergieren gegen dieselbe durch die mit der obersten gestrichelten Linie angedeutete Grenze.

(dem schwingungslosen Normalzustande des H_2-Moleküls entsprechend) zur Konvergenzgrenze wird erzeugt durch Absorption der Wellenlänge $\lambda = 850$ ÅE, jenseits deren das kontinuierliche Absorptionsspektrum beginnt. Diesem Übergang entspricht, wie in dem zweiten der genannten Referate gezeigt wurde, Dissoziation des Moleküls in ein angeregtes und ein unangeregtes Atom. Es ist also die vom Molekül aufgenommene Energie

$$E = h\nu = D + A$$

wo D die Dissoziationsarbeit des H_2-Moleküls und A die Anregungsenergie des Wasserstoffatoms bedeutet. E ergibt sich aus $\lambda = 850$ ÅE, wie auch aus der in Fig. 1 angebrachten Skala ersichtlich ist, zu 14,53 Volt. Da angenommen werden muß, daß sich das Elektron des angeregten Wasserstoffatomes in einer zweiquantigen Bahn befindet, ist $A = 10{,}15$ Volt. Daraus folgt $D = 4{,}38$ Volt. Dieser auf wesentlich anderem Wege abgeleitete Wert der Dissoziationsarbeit ist in guter Übereinstimmung mit dem von WITMER aus der Stufenfolge über A abgeleiteten Werte $D = 4{,}34$ Volt, so daß nun wohl kein Zweifel mehr bestehen kann, daß wir den Wert der Dissoziationsarbeit des Wasserstoffes auf wenige hundertstel Volt genau kennen.

Die Untersuchung von DIEKE und HOPFIELD berichtigt in einem Punkte die Arbeit von WITMER. Dieser hatte angenommen, daß die von LYMAN gefundene Emissionsbande zu deuten sei als Übergang von der tiefsten Stufe B (schwingungsloser Zustand des angeregten Moleküls) zu der Stufenfolge A. DIEKE und HOPFIELD konnten zeigen, daß sie in Emission von der Stufe der Folge B ausgeht, bei der das Molekül $n = 3$ Schwingungsquanten besitzt. Dies ändert an der Berechnung der Dissoziationsarbeit nichts, ist aber deswegen interessant, weil es zeigt, daß in einer Entladung in einem Gemisch von viel Argon und wenig Wasserstoff, wie es ja von LYMAN zur Erzeugung der Emissionsbanden benutzt wurde, ganz bevorzugt das Niveau des H_2-Moleküls angeregt wird, das möglichst genau dieselbe Anregungsenergie hat wie die Resonanzlinie des Argons. Man wird mit WITMER annehmen, daß Stöße zweiter Art zwischen angeregten Argonatomen und unangeregten H_2-Molekülen im wesentlichen diese Anregung bewirken. W. GROTRIAN.

Über das Absorptionsspektrum des antirachitisch wirksamen Cholesterins. (Nachr. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physikal. Kl. Jg. **1926**, S. 143.) In Übereinstimmung mit HESS und WEINSTOCK hat POHL bei einem nur auf physikalischem Wege gereinigten Cholesterinpräparat eine charakteristische Absorption zwischen 180—300 $\mu\mu$ gefunden und zeigen können, daß diese durch Ultraviolettbestrahlung „ausgebleicht" wird. Die Bestrahlung erfolgte mit dem an der Liniengruppe 280—285 $\mu\mu$ besonders reichen Licht eines Magnesiumfunkens. Würde das Absorptionsspektrum des bestrahlten Cholesterins einer neuen Substanz angehören, die durch eine photochemische Umwandlung des Cholesterins selbst entstanden ist, wie dies HESS und WEINSTOCK zuerst annahmen, so müßte etwa die Hälfte des ursprünglichen Cholesterins in die neue, antirachitisch wirksame Substanz umgewandelt sein. Diese Deutung war jedoch mit den chemischen Befunden unvereinbar. WINDAUS konnte auf Grund seiner chemischen Untersuchungen mit Sicherheit angeben, daß mindestens 99,5% des ursprünglichen Cholesterins bei der Bestrahlung unverändert blieben. Dementsprechend dürfte also das erwähnte Absorptionsspektrum kaum dem Cholesterin selbst, sondern wahrscheinlich einer Fremdbeimengung, einem „Farbstoff" angehören. Tatsächlich gelang es WINDAUS, eine ganze Reihe von Cholesterinpräparaten zu gewinnen, so ein über das Dibromid regeneriertes Cholesterin, dann ein durch Umlagerung des isomeren Allocholesterins erhaltenes Cholesterin, die bereits im unbestrahlten Zustand das charakteristische Ultraviolettabsorptionsspektrum vermissen ließen und nach Bestrahlen einen unveränderten physikalisch-optischen Befund aufwiesen.

(Zentralbl. f. inn. Med.) GYÖRGY.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.